

TURJAF

12(11): 2024
TURKISH ISSUE



Image from Pixabay

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology
International Peer-Reviewed Journal | ISSN: 2148-127X
www.agrifoodscience.com



Contents Vol. 12 No. 11 (2024)

Research Paper

The Effects of Foliar Gibberellic Acid Applications on Tuber Yield, Quality and Dormancy Period in Potato (*Solanum tuberosum* L.)

Fatma Zehra Ok, Arif Şanlı 1865-1871

Investigation of Colour Values in Mulberry Molasses Obtained by Ohmic Evaporation Process

Ferit Ak, Serdal Sabancı 1872-1877

Women's Gender Perceptions and Agricultural Information Sources in Rural Şanlıurfa

Burçin Yiğit, Fatma Öcal Kara 1878-1885

Effects of Wheat and Corn Gluten Used in Rat Diets on Liver Enzymes and Lipid Profile in Serum Tissue

Aybüke İmİK, Mazhar Burak Can, Dilek Şentürk Demirel 1886-1893

Determination of Cobalt Pollution Levels in Agricultural Soils Near Residential Areas in Ankara

Zeynep Rana Demircan Ölmez, İnci Sevinç Kravkaz Kuşçu 1894-1899

Determination of Some Properties of Lightweight Concrete Produced by Partial Replacement of Cattle Manure Ash Instead of Cement

Ahmet Korkmaz, Sırrı Şahin 1900-1907

Influence of Doses and Application Methods of Paclobutrazol on Seedling Quality in Cucumber

Yasemin Aktaş, Naif Geboloğlu, Emine Polat 1908-1913

Some Morphological Characteristics of Delice Local Grape Genotype of Kırıkkale Province

Nursal Koca, Şeyma HümeYra Çakır, Tamer Uysal 1914-1921

Investigation of Agronomic Characteristics in Different Silage Maize (*Zea mays* L.) Varieties under Kahramanmaraş Conditions

Mustafa Kızıllı, Fatma Akbay, Tuğba Günaydın, Ali Kabakçı 1922-1929

Analysis of Silos with Varying Wall Thicknesses Using the Finite Element Method (FEM) and Optimization of Structural Weight

Gülşah Erdoğan, Hüseyin Güran Ünal 1930-1937

Determination of Antimicrobial Activity of Some Medicinal and Aromatic Plant Extracts on Antibiotic Resistant *Escherichia coli* Strains

Bahar Güngör 1938-1943

Review Articles

Biostimulant Applications in Medicinal and Aromatic Plants: Advantages, Challenges and Future Perspectives

Merve Göre 1944-1952

Protein, Lipid and Polysaccharide Biomolecules in the Coating of Table Eggs

Çiğdem Şeremet 1953-1958



Intelligent Approaches in Livestock Farming: Using Deep Learning Models

Berkant İsmail Yıldız

1959-1967

Use of Industry 4.0 Technologies in the Logistics Activities Process in the Agriculture-Food Supply Chain

Muhammed Turgut

1968-1980

Editorial Team

Editor in chief

Prof. Dr. Musa Sarıca, Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Associate Editor

Prof. Dr. Hasan Eleroğlu, Sivas Cumhuriyet University, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet Şekeroğlu, Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Sedat Karaman, Tokat Gaziosmanpaşa University, Türkiye

Manuscript Editor

Dr. Kadir Erensoy, Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Editorial Board

Prof. Dr. Ebubekir Altuntaş, Tokat Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa Avcı, Niğde Ömer Halisdemir University, Niğde, Türkiye

Prof. Dr. Zeki Bayramođlu, Selçuk University, Türkiye

Prof. Dr. Kezban Candođan, Ankara University, Türkiye

Prof. Dr. Yusuf Cufadar, Selçuk University, Türkiye

Prof. Dr. Mahmut Çetin, Çukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Suat Dikel, Çukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Hasan Eleroğlu, Sivas Cumhuriyet University, Türkiye

Prof. Dr. Naif Geboloğlu, Tokat Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Orhan Gündüz, Malatya Turgut Özal University, Türkiye

Prof. Dr. Leyla İdikut, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Türkiye

Prof. Dr. Sedat Karaman, Tokat Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa Karhan, Akdeniz University, Türkiye

Prof. Dr. Hüseyin Karlıdağ, İnönü University, Türkiye

Prof. Dr. Muharrem Kaya, İsparta Uygulamalı Bilimler University, Türkiye

Prof. Dr. Halil Kızılaslan, Tokat Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Kürşat Korkmaz, Ordu University, Türkiye

Prof. Dr. Yusuf Ziya Oğrak, Sivas Cumhuriyet University, Türkiye

Prof. Dr. Bahri Devrim Özcan, Çukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Kadir Saltalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Türkiye

Prof. Dr. Zeliha Selamoğlu, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet Şahin, Kırşehir Ahi Evran University, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet Şekeroğlu, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Yusuf Yanar, Tokat Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Arda Yıldırım, Tokat Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Metin Yıldırım, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Zeliha Yıldırım, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Sertaç Güngör, Selçuk University, Türkiye

Prof. Dr. Hasan Tangüler, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Adnan Ünalın, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Hatıra Taşkın, Çukurova University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Ahmed Menevşeoğlu, Ağrı İbrahim Çeçen University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Cem Baltacıoğlu, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Hasan Gökhan Doğan, Kırşehir Ahi Evran University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Ekrem Mutlu, Kastamonu University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Cem Okan Özer, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Emre Şirin, Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye

Dr. Emre Aksoy, Middle East Technical University, Türkiye

Dr. Mustafa Duman, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Dr. Burak Şen, Omer Halisdemir University, Türkiye

Section Editors

Prof. Dr. Alper Durak, İnönü University, Türkiye

Prof. Dr. Gülistan Erdal, Tokat Gaziosmanpaşa University, Türkiye

Prof. Dr. Zeki Gökalp, Erciyes University, Türkiye

Prof. Dr. Rüştü Hatipoğlu, Cukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Teoman Kankılıç, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Osman Karkacier, Akdeniz University, Türkiye

Prof. Dr. G. Tamer Kayaalp, Cukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Nuray Kızılaslan, Tokat Gaziosmanpaşa University, Türkiye

Prof. Dr. Hasan Rüştü Kutlu, Cukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Hülya Eminçe Sayğı, Ege University, Türkiye

Prof. Dr. İbrahim Tapkı, Mustaf Kemal University, Türkiye

Prof. Dr. Faruk Toklu, Çukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Necati Barış Tuncel, Onsekiz Mart University, Türkiye

Prof. Dr. Erkan Yalçın, Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Prof. Dr. Durdane Yanar, Tokat Gaziosmanpaşa University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Hüsnü Aktaş, Mardin Artuklu University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Hatun Barut, Ministry of Agriculture and Forestry, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Berken Cimen, Cukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Nazlı Ercan, Cumhuriyet University, Türkiye

Prof. Dr. Cemal Kurt, Cukurova University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Muhammad Azhar Nadeem, Sivas University of Science and Technology, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Uğur Serbester, Çukurova University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Sevindik, Osmaniye Korkut Ata University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Özhan Şimsek, Erciyes University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Gökhan Baktemur, Sivas University of Science and Technology, Türkiye

Dr. Sara Yasemin, Siirt University, Türkiye

Dr. Brian Tanika, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Regional Editors

Prof. Dr. Mohammad Abdul Baki, Jagannath University, Bangladesh

Prof. Dr. Himayatullah Khan, Agricultural University, Pakistan

Prof. Dr. Abderrahim Benslama, University of M'sila, Algeria

Prof. Dr. Md. Parvez Anwar, Bangladesh Agricultural University, Bangladesh

Prof. Dr. Mohammad Bagher Hassanpouraghdam, University of Maragheh, Iran

Assoc. Prof. Dr. Allah Bakhsh, University of the Punjab, Pakistan

Prof. Dr. Aimee Sheree Adato Barrion, University of the Philippines, Philippines

Assoc. Prof. Dr. Claudio Ratti, University of Bologna, Italy

Assoc. Prof. Dr. Dima Alkadri, Jerash University, Jordan

Prof. Dr. Fernanda Cortez Lopes, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil

Assoc. Prof. Dr. Gheorghe Cristian Popescu, University of Pitesti, Romania

Prof. Dr. Idrees A. Nasir, University of the Punjab, Pakistan

Assoc. Prof. Dr. Jelena Zindovic, University of Montenegro, Montenegro

Assoc. Prof. Dr. Muhammad Amjad Ali, University of Agriculture, Pakistan

Assoc. Prof. Dr. Muhammad Naeem Sattar, King Faisal University Al-Ahsa, Saudi Arabia

Dr. Muhammad Rizwan Shafiq, University of Agriculture Faisalabad, Pakistan

Assoc. Prof. Dr. Muhammad Qasim Shahid, South China Agricultural University, China

Assoc. Prof. Dr. Muhammad Younas Khan, University of Balochistan, Pakistan

Assoc. Prof. Dr. Neelesh Sharma, Sher-E-Kashmir University of Agricultural Sciences & Technology,
India

Assoc. Prof. Dr. Noosheen Zahid, University of Poonch Rawalakot, Malezya

Assoc. Prof. Dr. Mihaela Ivancia, University of Iasi, Romania

Statistics Editor

Prof. Dr. Soner ankaya, Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Prof. Dr. Hüdaverdi Bircan, Sivas Cumhuriyet University, Türkiye

Prof. Dr. Adnan Ünalın, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Foreign Relations

Dr. Emre Aksoy, Middle East Technical University, Türkiye

Indexes

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF) is indexed by the following national and international scientific indexing services:

- [Directory of Open Access Journals \(DOAJ\)](#),
- [National Library of Australia \(TROVE\)](#),
- [WorldCat libraries \(WorldCat\)](#),
- [Ingenta \(Ingenta\)](#),
- [World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts \(CABI\)](#),
- [Google \(Scholar\)](#),
- [Crossref \(Journals\)](#),
- [Sobid Citation Index](#),
- [SciMatic \(SciMatic\)](#),
- [The Food and Agriculture Organization \(AGRIS\)](#),
- [Idealonline Index](#),
- [Scilit \(SCILIT\)](#),
- [Weill Cornell Medicine - Qatar](#),
- [Indiana University Kokomo](#),
- [Academic Search Engine \(SCINAPSE\)](#),
- [Fatcat Editor \(FATCAT\)](#),
- [Academic Research Index \(ACARINDEX\)](#),
- [Information Matrix for the Analysis of Journals \(MIAR\)](#),
- [National Library of Medicine](#)
- [EBSCO host](#)
- [Originally called the European Reference Index for the Humanities or ERIH \(ERIH PLUS\)](#),
- [The Turkish Academic Network and Information Centre \(ULAKBIM\)](#),
- [ULAKBIM TR Index list of Journals \(TR-INDEX\)](#)

Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi

Makale Sayısı

2968

Atıf Sayısı

2931

Kendine Atıf Sayısı

854

Atıf Alan Makale Sayısı

1099

Atıf Ortalaması

0,99

Kendine Atıf Oranı

%29,14

Konu Kategorisi:

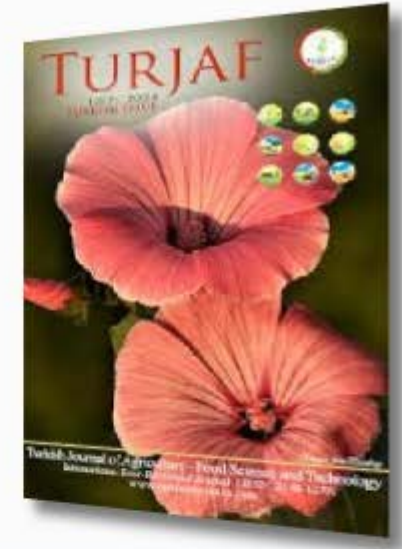
Fen > Ziraat

Fen > Mühendislik

Konu Alanları:

Ziraat Mühendisliği

Gıda Bilimi ve Teknolojisi



EISSN: 2148-127X

İlk Yayın Yılı: 2013

Dizinlendiği Yıllar: 2014-2024 (Fen)

Yayın Periyodu: Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran,

Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık

Yayın Formatı: Elektronik

Yayın Dili: Türkçe | İngilizce

Editör: Hasan Eleroğlu

Yayıncı: Turkish Science and Technology Publishing (TURSTEP)

Web Adresi:

<http://www.agrifoodscience.com>

JSON

Makale & Atıf Sayısı





The Effects of Foliar Gibberellic Acid Applications on Tuber Yield, Quality and Dormancy Period in Potato (*Solanum tuberosum* L.)

Fatma Zehra Ok^{1,a,*}, Arif Şanlı^{1,b}

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 11.10.2023 Accepted : 09.09.2024</p> <p>Keywords: Potato Gibberellic acid Tuber yield and quality Dormancy period Leaf application</p>	<p>This study was carried out in order to determine the effects of different doses of Gibberellic acid (GA₃) applications on tuber yield, quality and dormancy period in potato. GA₃ applications (0, 50, 100 and 200 mg GA₃/L) were started 45 days after planting (pre-flowering period) and sprayed on leaves at 15-day intervals in 4 different periods. In the study, together with the GA₃ applications, an increase of 56% in the number of tubers and up to 36% in the tuber yield, while the average tuber weight and marketable tuber rates decreased significantly. The highest tuber yield was obtained from 100 and 200 mg/L GA₃ doses made 75 days after planting. GA₃ applications caused tuber disorders, and the rate of cracked tubers and secondary growing tubers increased with the increase in GA₃ dose. GA₃ applications caused a decrease in chlorophyll (SPAD value) content and tuber dry matter ratio. The dormancy period, which was broken 110 days in the control, was shortened to 80 days with 200 mg/L GA₃ applications made 90 days after planting. In the study, it was understood that the number and yield of tubers in potatoes can be increased significantly with foliar GA₃ applications in production for seed purposes, and the dormancy period of tubers in the post-harvest storage period can be shortened and it can be advantageous especially for second potato productions.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1865-1871, 2024

Yapraktan Yapılan Gibberellik Asit Uygulamalarının Patates (*Solanum tuberosum* L.)’de Yumru Verimi, Kalitesi ve Dormansi Süresine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 11.10.2023 Kabul : 09.09.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Patates Gibberellik asit Yumru verimi ve kalitesi Dormansi süresi Yaprak uygulaması</p>	<p>Bu çalışma, farklı dozlarda Gibberellik asit (GA₃) uygulamalarının patatesten yumru verimi, kalitesi ve dormansi süresi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. GA₃ uygulamalarına (0, 50, 100 ve 200 mg/L GA₃) dikimden 45 gün sonra (çiçeklenme öncesi dönem) başlanarak 15 gün aralıklarla 4 farklı dönemde yapraklara püskürtme şeklinde yapılmıştır. Çalışmada GA₃ uygulamaları ile birlikte ocak başına yumru sayısında % 56, yumru veriminde ise % 36’ya varan artış meydana gelmiş, ortalama yumru ağırlığı ve pazarlanabilir yumru oranları ise önemli derecede azalma göstermiştir. En yüksek yumru verimi dikimden 75 gün sonra yapılan 100 ve 200 mg/L GA₃ dozlarından elde edilmiştir. GA₃ uygulamaları yumruların şekil bozulmalarına yol açmış, genel olarak doz artışı ile birlikte çatlak yumru oranı ve sekonder gelişme gösteren yumru oranı artmıştır. GA₃ uygulamaları yaprak klorofil içeriği (SPAD değeri) ile yumru kuru madde oranının azalmasına neden olmuştur. Kontrolde ortalama 110 gün olan dormansi süresi dikimden 90 gün sonra yapılan 200 mg/L GA₃ uygulamaları ile 80 güne kadar kısalmıştır. Çalışmada, tohumluk amacıyla yapılacak üretimlerde yapraktan yapılan GA₃ uygulamaları ile patatesten yumru sayısı ve veriminin önemli derecede artırılabilirliği ve yumruların hasat sonrası depolama devresinde dormansi sürelerinin kısaltılarak özellikle ikinci üretimler için avantaj sağlanabileceği anlaşılmıştır.</p>

^a fhzehrak@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-0199-572X>

^a arifsanli@isparta.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-5443-2082>



Giriş

Patateste yumru oluşumu sıcaklık, fotoperiyot ve ışık yoğunluğu gibi çevresel faktörler ile biyokimyasal ve genetik faktörlerin beraber etki ettiği karmaşık gelişimsel evredir (Kolomiets ve ark., 2001). Bu faktörlerdeki değişiklikler içsel bitki büyüme düzenleyicilerinin seviyelerini etkilemektedir. Gibberellinler patates yumru oluşumunun düzenlenmesinde rol oynayan önemli fitohormonlardan birisidir (Xu ve ark., 2006; Sarkar, 2008). Stolon oluşumu bitkideki gibberellin seviyeleri ile ilişkili olup, gibberellinlerin dışarıdan uygulanması stolon büyümesini teşvik etmekte (Abdala ve ark., 2000) ancak yumru oluşumunu engellemektedir (Puzina, 2004). Patates yumru oluşumunda büyüme düzenleyicilerinin rolüne ilişkin yapılan modellemede de gibberellinlerin yumru oluşumunu inhibe ettiği, absisik asidin ise yumru oluşumunu teşvik ettiği rapor edilmiştir (Cutter, 1992). Gibberellik asit (GA₃) uygulanması yumru oluşumunu sağlayan stolonların sayısının artmasını ve ileriki dönemlerde yumru büyütmede gereken asimilatların sağlanmasına yardımcı olacak yaprak sayısının artmasını teşvik etmektedir (Hashemi, 2020). GA₃'ün tohumluk yumru üretimini arttırmak amacıyla dikim öncesi yumrulara uygulandığında dormansi süresini kısalttığı, sap ve dolayısı ile yumru sayısını arttırdığı bir deneme araştırması tarafından da tespit edilmiştir (Jbour, 2003; Salimi ve ark., 2010; Kılıç, 2016; Şanlı ve ark., 2020). Bununla birlikte, dikim öncesi tohumluk yumrulara GA₃ uygulamalarında uygun dozun ayarlanamaması ve uygulama güçlükleri gibi üretici problemlerinin yanı sıra bazı durumlarda aşırı ve ince sap gelişiminin gözlenmektedir.

Patates üretiminde karşılaşılan en önemli sorunların başında kaliteli tohumluk temini gelmektedir. Kaliteli tohumluğun ön koşulu, yumruların hasat sonrası dormansi periyodunu tamamlamış ve gözlerin yeni uyanmaya başlamış olmasıdır. Ülkemizde yapılan ana üretimler için kaliteli tohumluk temininde sıkıntı yaşanmamakla birlikte üretimi artış gösteren ikinci üretimlerde kullanılacak tohumluk yumru temininde problemler ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde ikinci üretimler için yumru dikimleri genellikle üretimin yapılacağı bölgeye de bağlı olmak üzere Haziran-Ağustos ayları arasında yapılmakta olup, bu dikimlerde ya ana ürün dikimlerinden kalan ve fizyolojik olarak daha yaşlı olan yumrular ya da ana ürün üretimlerinden ayrılan ve dormant durumda olan yumrular kullanılmaktadır. Bu durum, verimin çok daha düşük olması beklenen ikinci ürün dikimlerinde, fizyolojik olarak yaşlı yumruların kullanılması nedeniyle verimin bir kat daha düşmesine neden olmaktadır. Diğer taraftan, yeni hasat edilmiş yumruların tohumluk olarak kullanılması ya dikimin gecikmesine ya da dormant yumruların toprakta uzun süre kalmalarına bağlı olarak hastalıkların artmasına, zayıf bitki gelişimine ve nihayetinde düşük verime yol açmaktadır (Wiersema, 1985). Yeni hasat edilen yumruların tohumluk olarak kısa sürede kullanılmaları için dormansi süresinin kısaltılması gerekmektedir. Gibberellinler, dikim öncesi tohumluk yumrulara ya da bitki üst kısmına uygulandığında patates yumrularında dormansi durumunu ortadan kaldırmaktadır (Lorreta ve ark., 1995). Bu çalışmada, farklı dönem ve dozlarda yapraklardan yapılan GA₃ uygulamalarının yumru verimi, kalitesi ve yumrulara hasat sonrası dormansi süresine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde 2021 ve 2022 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, ülkede yoğun olarak tarımı yapılan orta erkenci özellikteki Agria çeşidine ait sertifikalı yumrular ile Sigma Aldrich tarafından sağlanan sentetik bitki büyüme düzenleyicisi GA₃ (C₂₂H₂₆O₈) (CAS No: 1373154-68-7) kullanılmıştır.

Araştırma Yerinin İklim ve Toprak Özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü 2021 ve 2022 yıllarının Mayıs-Eylül aylarına ait toplam yağış miktarları; sırasıyla 186,1 mm ve 207,9 mm olarak gerçekleşmiş ve bu değerler uzun yıllar ortalaması olan 126,2 mm'nin üzerinde olduğu kaydedilmiştir. Aynı döneme ait ortalama sıcaklık değerleri, sırasıyla 21,8 ve 21,5°C olarak tespit edilmiş ve bu değerler uzun yıllar sıcaklık ortalaması olan 20,6°C'ye yakın bir seviyede olmuştur. Araştırmaların yürütüldüğü vejetasyon dönemindeki nispi nem oranları da sırasıyla %51,5 ve %54,3 olarak kaydedilmiş ve bu değerler uzun yıllar ortalaması olan %50,5 ile benzerlik göstermiştir. Denemeler, her iki yılda da benzer özelliklere sahip topraklarda kurulmuş ve bu alanlardan alınan (30 cm derinlikten) örneklerde deneme alanı toprakları; tekstür bakımından tınlı, pH değeri 8,2, toplam tuz içeriği %0,025, kation değişim kapasitesi %38, kireççe zengin (%25,5), organik madde miktarı bakımından fakir (%1,58), alınabilir fosfor bakımından fakir (18,2 mg/kg P₂O₅), potasyum bakımından zengin (188 g/da K₂O), toplam azot miktarı (%0,82) bakımından ise fakirdir.

Yöntem

Deneme, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Planı'na göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş olup, GA₃ uygulama dönemleri ana parsellere, GA₃ dozları ise alt parsellere yerleştirilmiştir. Patates dikimleri her iki yılda da Nisan ayının 2. haftasında, 70 cm sıra arası ve 30 cm sıra üzeri mesafe olacak şekilde yarı otomatik dikim makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Deneme parselleri, her biri 4 GA₃ uygulama dönemi x 4 GA₃ dozu olmak üzere toplamda 48 parsel oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Her bir parsel 6 m uzunluğunda 4 sıradan oluşturulmuştur. Dikim öncesinde, tohum kökenli enfeksiyonlara karşı yumrulara fungusit (Emesto Sylver) ve patates böceklerine karşı insektisit (Gaucho EC 300) uygulanmıştır. Araştırmanın her iki yılında da dikim öncesinde dekara 10 kg azot, fosfor ve potasyum gelecek şekilde 15-15-15 kompoze gübre uygulanmış, ayrıca boğaz doldurma sırasında da 10 kg/da saf azot hesabıyla (Nitropower, %30 N) azotlu gübre kullanılmıştır. Bitkilerin su ihtiyacı, yağmurlama sulama yöntemi kullanılarak karşılanmış ve haftada 4 saatlik sulama yapılmıştır. Dikimden sonra, patates tarlasında yabancı otlarla mücadele amacıyla ruhsatlı selektif herbisit olan Senkron WP 70 (%70 Metribuzin) 70 g/da dozunda uygulanmıştır. Deneme alanındaki patates böceklerinin zararına karşı Imidacloprid etken maddeli insektisit kullanılarak mücadele edilmiştir. GA₃ uygulamaları, çıkıştan 45 gün sonra (çiçeklenme dönemi) başlayarak 15 günlük aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalar, motorlu sırt

pülverizatörü kullanılarak standart ilaçlama normunda (40 L/da) yapılmış ve her bir parsel için farklı gelişme dönemlerinde 4 farklı dozda (0, 100, 250 ve 500 mg/L) püskürtme şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Yaprak klorofil içerikleri, son uygulamalardan bir hafta sonra Minolta marka SPAD-502 klorofil metre kullanılarak ölçülmüştür. Yumru hasadı, her bir parseldeki bitkilerin yeşil aksamalarının tamamen kurduğu dönemde gerçekleştirilmiştir. Her parsel kenarından 1'er sıra, baş ve sonlarından 1'er ocak kenar tesiri olarak ayrılıp kalan kısımlar hasat alanı olarak kullanılmış ve bu alandan tesadüfen seçilen 20 bitkide yumru sayısı, pazarlanabilir yumru oranı, çatlak yumru oranı ve sekonder gelişme gösteren yumru oranı belirlenmiştir. Hasat parselindeki tüm ocakların sökülmesi ile toplam yumru verimi hesaplanmıştır. Her bir parselden hasat edilen yumruların içerisinde 80-120 g ağırlığında 100 adet yumru, önce kütleme periyoduna (15 gün boyunca 20°C sıcaklıkta ve karanlık ortamda) alınmıştır. Ardından sıcaklık ve nem kontrollü (8°C sıcaklık, %90-95 nispi nem) depolama koşullarında ayrı ayrı kasalarda depolanarak yumrulardaki dormansi kırılma süreleri belirlenmiştir.

Verilerin Değerlendirilmesi

Ölçüm ve analizler sonucunda elde edilen veriler, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Planı'na göre SAS (2009) istatistik paket programında General Linear Model (GLM) prosedürü ile standart varyans analizi tekniği (ANOVA) kullanılarak analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Yumru Sayısı (adet/ocak)

GA₃ dozları ve uygulama dönemleri ile doz x dönem interaksyonunun yumru sayısına etkileri istatistiki açıdan önemli (P<0,01) olmuştur. GA₃ dozları (10,50-9,96 adet/ocak) ortalama yumru sayısını kontrole (8,20 adet/ocak) göre önemli derecede artırmıştır. Yumru sayısı dikimden 75 gün sonra yapılan uygulamalarda (10,99 adet/ocak) daha yüksek olurken, 90 gün sonra yapılan uygulamalarda (8,74 adet/ocak) daha düşük olarak belirlenmiştir. En yüksek yumru sayısı, dikimden 75 gün sonra yapılan GA₃ uygulamalarından (11,63-12,37 adet/ocak) elde edilmiştir (Çizelge 1). Kontrol ile karşılaştırıldığında, GA₃ uygulamaları ile birlikte ocak başına yumru sayısında %56'ya varan artış meydana gelmiştir. Benzer olarak yumru sayısının GA₃ uygulaması ile arttığı birden fazla araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Arıoğlu, 1980; Çalışkan ve ark., 2021). Alexopoulos ve ark. (2007) bitkilere erken büyüme döneminde bir kez GA₃ uygulandığında yumru sayısının arttığını ancak bu etkinin GA₃ uygulamasının zamanına bağlı olduğunu belirtmiştir. Caldiz (1996), yaprağa GA₃ uygulamalarının yumru sayısını önemli derecede artırdığını ve GA₃ uygulamasının yumru sayısı üzerindeki etkisinin esas olarak stolonun uzunluğundan ve dallanmasındaki artıştan kaynaklandığını bildirmiştir. Bu çalışmada, uygulama sonrası stolon üretimi uyarılması ve artan fotosentetik aktiviteye bağlı olarak yumru sayısının artmış olabileceği düşünülmektedir.

Yumru Verimi (kg/da)

GA₃ dozları ve uygulama dönemleri (P<0,01) ile doz x dönem interaksyonunun yumru verimine etkileri istatistiki açıdan önemli (P<0,05) olmuştur. GA₃ dozları (4294-4576 kg/da) ortalama yumru verimini kontrole (3792 kg/da) göre önemli derecede artırmıştır. Yumru verimi, dikimden sonra ilk üç dönemde yapılan uygulamalarda (sırası ile 4348 kg/da, 4391 kg/da ve 4580 kg/da) daha yüksek olurken, 90 gün sonra yapılan uygulamalarda (3889 kg/da) daha düşük olarak belirlenmiştir. En yüksek yumru verimi, dikimden 75 gün sonra yapılan GA₃ uygulamalarından (4928-5068 kg/da) elde edilmiştir (Çizelge 1). Çalışmada GA₃ uygulamaları ile birlikte ocak başına yumru veriminde ise %36'ya varan artış meydana gelmiştir. GA₃ uygulamasının ocakta yumru sayısını çoğaltarak yumru verimini artırdığı düşünülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da benzer şekilde GA₃ uygulamasının kontrole göre toplam yumru verimini artırdığını göstermiştir (Barani ve ark., 2013; Dahshan ve ark., 2018). Sillu ve ark. (2012), yaprakta GA₃ uygulamalarının fotosentez oranını artırarak bitki büyümesini ve yumru verimini olumlu yönde etkilediğini ve yaprakta yapılan uygulamaların yumruya yapılanlardan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Njoqu ve ark. (2015), tohumluk yumrulara dikim sırasında GA₃ uygulamasının sürgün oluşumunu ve çıkışını hızlandırdığını ve bunun sonucunda daha yüksek yumru verimi sağladığını bildirmişlerdir.

Pazarlanabilir Yumru Oranı (%)

GA₃ dozları ve uygulama dönemlerinin yumru oranına etkileri istatistiki açıdan önemli (P<0,01) olmuştur. Çalışmada, GA₃ dozları (%85,2-86,9) ortalama pazarlanabilir yumru oranını kontrol grubuna (%89,9) göre önemli derecede azaltmış, bu azalmanın uygulama dozundaki artışa paralel olarak gerçekleştiği gözlenmiştir. Pazarlanabilir yumru oranı dikimden 90 gün sonra yapılan uygulamalarda (%89,4) diğer dönemlerden (%85,2-86,5) daha yüksek olarak belirlenmiştir. Uygulamaların döneme bağlı olarak pazarlanabilir yumru oranına etkileri istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. En yüksek pazarlanabilir yumru oranı kontrol (%88,8-90,5) ile 90 gün sonra yapılan 50 ve 100 mg/L GA₃ uygulamalarından (sırası ile %89,6 ve %89,3) elde edilmiştir (Çizelge 1). GA₃ uygulamaları ile pazarlanabilir yumru oranındaki azalmanın, GA₃ uygulaması yapılan bitkilerin ocaklarda daha fazla yumru sayısına sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yumru sayısının GA₃ uygulamaları ile arttığı, ancak toplam ve iri yumru veriminin azaldığı birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Yıldırım ve ark., 1999; Öner, 2012). Benzer şekilde, Karaat (2011), GA₃ dozunun artmasıyla ortalama pazarlanabilir yumru veriminin azaldığını kaydetmiştir. Sharma ve ark. (1998), GA₃'ün yaprakta uygulanmasının yumrulara deformasyona neden olarak pazarlanabilir yumru oranını azalttığını rapor etmiştir. Nitekim, bu çalışmadan elde edilen bulgulara paralel olarak da birçok araştırmada GA₃'ün yaprağa ve dikimden önce tohumluk yumrulara uygulanmasının, yumrular arasında boyut dağılımını etkilediği tespit edilmiştir (Karaat, 2011).

Klorofil İçeriği (SPAD)

GA₃ dozlarının klorofil içeriğine etkileri istatistiki açıdan önemli (P<0,01) olmuştur. GA₃ uygulamaları ortalama klorofil içeriğini kontrole göre önemli oranda azaltmış, bu azalma uygulama dozundaki artış ile orantılı olarak gerçekleşmiştir. Uygulama dönemlerinin yaprak klorofil içeriğine etkileri istatistik açısından önemsiz bulunmuş, farklı uygulama dönemlerinde yaprak klorofil içeriği benzerlik göstermiştir. GA₃ uygulamalarının döneme bağlı olarak klorofil içeriğine etkileri istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur. En yüksek klorofil içeriği kontrol (43,2-44,5 SPAD) ile dikimden 60 ve 90 gün sonra yapılan 50 mg/L GA₃ uygulamalarından (sırası ile 42,0 SPAD ve 42,1 SPAD) elde edilmiştir (Çizelge 1). Nitekim daha önce Hou ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada GA₃ dozu arttıkça SPAD değerlerinin düştüğünü bildirmişlerdir. Benzer şekilde Wang ve ark. (2018), GA₃ uygulamalarından sonra yaprak klorofil içeriğinin önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir. Sharma ve ark. (1998), patates bitkisinin yapraklarına püskürtme şeklinde uygulanan GA₃'ün yaprak klorofil içeriğini azalttığını ve bu klorofil içeriği değişikliklerinin yumru veriminde farklılıklara yol açtığını bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada da Jackson & Prat (1996), *Solanum tuberosum* ssp. andigana bitkilerinde GA₃ uygulamalarının yaprak klorofil içeriğinde azalmaya neden olduğunu rapor

etmişlerdir. Diğer taraftan, Zainaldeen & Rasool (2018), ve El-Hamady (2017), yaptıkları çalışmada patates bitkisinde GA₃ uygulama dozundaki artışla birlikte yaprak klorofil içeriğinin de arttığını bildirmişlerdir.

Çatlak Yumru Oranı (%)

GA₃ dozları ve uygulama dönemleri (P<0,01) ile doz x dönem interaksyonunun çatlak yumru oranına etkileri istatistiki açıdan önemli (P<0,05) olmuştur. GA₃ dozları (%14,6-17,1) ortalama çatlak yumru oranını kontrole (%12,2) göre önemli miktarda artmış, bu artış uygulama dozundaki artışa orantılı olarak gerçekleşmiştir. Çatlak yumru oranı dikimden 75 ve 90 gün sonra yapılan uygulamalarda (sırası ile %14,2 ve %12,7) daha düşük olurken, 45 ve 60 gün sonra yapılan uygulamalarda (sırası ile %16,4 ve %16,7) daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Döneme bağlı olarak en fazla çatlak yumru oranı 45 gün sonra 200 mg/L GA₃ uygulamaları (%20,3) ile 60 gün sonra yapılan GA₃ uygulamalarında (%17,3-19,6) görülmüştür, diğer bütün uygulamalar benzer etki göstermiştir (Çizelge 2).

Sekonder Yumru Oranı (%)

GA₃ uygulamaları ve uygulama dönemleri (P<0,01) ile doz x dönem interaksyonunun sekonder yumru oranına etkileri istatistiki açıdan önemli (P<0,05) olmuştur.

Çizelge 1. Farklı dönemlerde yapılan GA₃ uygulamalarının patatesteki verim ve bazı verim özelliklerinde etkileri
Table 1. Effects of GA₃ applications made in different periods on potato yield and some yield characteristics

Uygulama Dönemleri (gün)	GA ₃ dozları (mg/l)	Yumru Sayısı (adet/ocak)	Yumru Verimi (kg/da)	Pazarlanabilir Yumru Oranı (%)	Klorofil İçeriği (SPAD)
45	0	8,00	3870	88,8	43,2
	50	9,43	4291	86,3	41,1
	100	9,90	4559	84,9	40,5
	200	10,13	4670	84,9	37,3
60	0	8,57	3775	90,3	44,5
	50	10,0	4313	86,7	42,0
	100	10,73	4714	84,9	40,5
	200	10,83	4761	84,1	38,5
75	0	7,90	3700	90,5	43,5
	50	11,63	4626	84,3	41,4
	100	12,37	5068	82,9	40,1
	200	12,07	4928	83,1	37,6
90	0	8,33	3825	90,2	44,1
	50	8,77	3948	89,6	42,1
	100	8,90	3836	89,3	41,7
	200	8,97	3945	88,7	38,4
CV (%)		5,75	6,64	2,05	3,14
LSD _{int} :		0,94	476	2,97	2,14
F değeri		5,44**	2,38*	1,70	0,18
Uygulama Dönemleri (gün)					
45		9,37c	4348a	86,4b	40,5
60		10,00b	4391a	86,5b	41,4
75		10,99a	4580a	85,2b	40,7
90		8,74d	3889b	89,4a	41,6
F değeri		35,13**	12,65**	12,33**	1,87
GA ₃ dozları (mg/l)					
0		8,20c	3792c	89,9a	43,8a
50		9,96b	4294b	86,9b	41,7b
100		10,48a	4544a	85,5bc	40,7b
200		10,50a	4576a	85,2c	38,0c
F değeri		44,58**	19,28**	17,82**	42,52**

Çizelge 2. Farklı dönemlerde yapılan GA₃ uygulamalarının patatestte bazı yumru özellikleri ile dormansi süresine etkileri
Table 2. Effects of GA₃ applications made in different periods on some tuber characteristics and dormancy period in potato

Uygulama Dönemleri (gün)	GA ₃ dozları (mg/l)	Çatlak Yumru Oranı (%)	Sekonder Yumru Oranı (%)	Kuru madde Oranı (%)	Dormansi Süresi(gün)
45	0	12,4	9,0	19,9	110,7
	50	13,6	10,9	19,6	107,0
	100	12,3	11,3	19,1	104,7
	200	20,3	11,2	19,1	106,0
60	0	12,0	8,3	20,4	112,3
	50	17,3	11,2	19,9	107,7
	100	17,9	12,0	18,6	96,7
	200	19,6	11,8	18,4	94,3
75	0	12,0	8,9	20,1	107,7
	50	14,4	12,9	19,3	99,7
	100	15,2	15,0	18,1	88,3
	200	15,3	15,4	17,9	85,7
90	0	12,3	8,8	19,9	111,7
	50	13,0	14,5	18,9	97,7
	100	12,5	16,5	18,0	84,0
	200	13,2	16,8	18,0	80,7
CV (%)		15,23	11,4	3,68	4,65
LSD _{int} :		3,82	2,31	1,16	7,73
F değeri		1,99*	2,31*	0,64	3,51**
Uygulama Dönemleri (gün)					
45		16,4a	10,6b	19,4a	107,1a
60		16,7a	10,8b	19,3a	103,0b
75		14,2b	13,0a	18,8ab	95,3c
90		12,7b	14,2a	18,7b	93,5c
F değeri		8,11**	18,60**	3,05*	22,58**
GA ₃ dozları (mg/l)					
0		12,2c	8,8c	20,1a	110,6a
50		14,6b	12,4b	19,4b	103,0b
100		16,2ab	13,7a	18,5c	93,4c
200		17,1a	13,8a	18,4c	91,7c
F değeri		10,65**	34,46**	16,86**	43,44**

GA₃ uygulamaları (%12,4-13,8) ile ortalama sekonder yumru oranı kontrole (%8,8) göre önemli oranda artmış, bu artış uygulama dozundaki artışa paralel olarak gerçekleşmiştir. Sekonder yumru oranı dikimden 75 ve 90 gün sonra yapılan uygulamalarda daha yüksek olurken (sırası ile %13,0 ve %14,2), 45 ve 60 gün sonra yapılan uygulamalarda (sırası ile %10,6 ve %10,8) daha düşük olarak tespit edilmiştir. Döneme bağlı olarak en fazla sekonder yumru oranı 90 gün sonra yapılan GA₃ uygulamaları (%14,5-16,8) ile 75 gün sonra yapılan 100 ve 200 mg/L GA₃ uygulamalarında (sırası ile %15,0 ve %15,4) görülürken, en düşük sekonder yumru oranı kontrol gruplarında (%8,3-9,0) görülmüştür (Çizelge 2). Daha önce yapılan çalışmalarda da patates yapraklarına yapılan GA₃ uygulamasının yumrulara şekil bozuklukları meydana getirdiği (Sharma ve ark., 1998), aynı şekilde GA₃'ün stolon büyümesini teşvik ettiğini ve yumruların normalden daha uzun ve oval olmasına neden olduğu bildirilmiştir (Jackson & Prat, 1996).

Kuru Madde Oranı (%)

GA₃ dozları (P<0,01) ve uygulama dönemlerinin (P<0,05) kuru madde oranına etkileri istatistiksel açıdan önemli olmuştur. GA₃ dozları (%18,4-19,4) ortalama kuru madde oranını kontrole (%20,1) göre önemli derecede azalmış, uygulamalardaki doz artışı ile kuru madde oranı

azalma göstermiştir. Kuru madde oranı dikimden 45 ve 60 gün sonra yapılan uygulamalarda (sırası ile %19,4 ve %19,3) daha yüksek olurken, 75 ve 90 gün sonra yapılan uygulamalarda (sırası ile %18,8 ve %18,7) daha düşük olarak belirlenmiştir. Döneme bağlı olarak GA₃ uygulamalarının kuru madde oranına etkileri istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuş, farklı uygulama dönemlerine bağlı olarak kuru madde oranları benzerlik göstermiştir (Çizelge 2). GA₃ uygulamaları ile kuru madde oranında meydana gelen azalmanın, GA₃ uygulanan bitkilerde ocaklardaki yumru sayısının artmasından ve fotosentez ile üretilen asimilatların daha fazla yumru tarafından kullanılmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Konu ile ilgili olarak, Javanmardi & Rasuli (2017), yaptıkları çalışmada GA₃ konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak yumru kuru madde içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir. Alexopoulos ve ark. (2007), yapraklardan GA₃ uygulanan patates bitkisinde, GA₃'ün yumrularda solunum oranının artırması ile yumruların kuru madde içeriğini önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir.

Dormansi Süresi (gün)

GA₃ uygulamaları, uygulama dönemleri ve uygulama ile dönem etkileşimi, yumruların dormansi süresine istatistiksel açıdan önemli (P<0,01) bir etki yapmıştır. GA₃ uygulamaları (91,7-103,0 gün) ortalama dormansi süresini

kontrole (110,6 gün) göre önemli derecede kısaltmıştır. Dormansi süresi dikimden 75 ve 90 gün sonra yapılan uygulamalarda (sırası ile 95,3 gün ve 93,5 gün) daha kısa olurken, 45 gün sonra yapılan uygulamalarda (107,1 gün) daha uzun olarak belirlenmiştir. Döneme bağlı olarak en kısa dormansi süresi dikimden 90 gün sonra yapılan 100 ve 200 mg/L GA₃ uygulamalarından (sırası ile 84,0 gün ve 80,7 gün) elde edilmiştir (Çizelge 2). Patateslerde dormansi süresi; çeşide, hasattan önceki koşullara ve depolama şartlarına bağlı olarak 10 gün ile 6 ay arasında değişebilmektedir (Olsen ve ark., 2004). Patates yumrularında dormansi, yumru oluşumu başlangıcında meydana geldiğinden (Alexopoulos ve ark., 2007) vejetatif aşamada GA₃ uygulamalarının dormansi süresini kısalttığı düşünülmektedir. Nitekim, Alexopoulos ve ark. (2006), tarafından yapılan çalışmada, patates bitkisinin yapraklarına GA₃ uygulanması sonucu yumrulardaki GA₃ ve indirgen şekerlerin konsantrasyonlarının büyük ölçüde artırdığını ve bunun da sürgünlenmeyi teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, yapraktan 300-375 ppm GA₃ uygulanmasının patates yumrularında dormansi süresini kısalttığı ve sürgünlenmeye neden olduğu bildirilmiştir (Ittersum & Scholte, 1993).

Sonuç

Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmada yapraktan uygulanan GA₃ patates bitkisinin gelişimini ve verimini aynı zamanda yumrulara hasat sonrası dormansi süresini önemli oranda etkilediği belirlenmiştir. Yumru verimi açısından etkili uygulamalar 60 ve 75. günlerde yapılan 100 ve 200 mg/L GA₃ uygulamaları olmuştur. En kısa dormansi süreleri 75 ve 90. günlerde yapılan 100 ve 200 mg/L GA₃ uygulamalarından elde edilmiş, bu uygulamalar ile dormansi süresi 25 güne kadar daha kısa olmuştur. Yapraktan GA₃ uygulamaları patates üretiminde yumru veriminin artırılması ve dormansi süresinin kısaltılması açısından alternatif yaklaşım sunmaktadır. Yapraktan GA₃ uygulamaları ile bir taraftan yumru sayısının artırılacağı, diğer taraftan ise hasat edilen yumrulara dormansinin depoda daha erken kırılması neticesinde ikinci ürün üretimleri için gerekli tohumluk temininde önemli avantaj sağlanabileceği düşünülmektedir.

Bilgi

Bu çalışma, 3rd International Congress of the Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology) TURJAF 2023, kongresinde sunulmuştur.

Kaynaklar

Abdala, G. G., Castro, O. & Miersch Pearce, D. (2000). Changes in jasmonate and gibberellin levels during development of potato plants (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Growth Regulators*, 36(2): 121-126.

Alexopoulos, A. A., Aivalakis, G., Akoumianakis, K.A. & Passam, H.C. (2007). Effect of foliar applications of gibberellic acid or daminozide on plant growth, tuberisation, and carbohydrate accumulation in tubers grown from true potato seed. *J. Hort. Sci. Biotechnol*, 82: 535-540.

Alexopoulos, A.A., Akoumianakis, A.K., Vemmos, S.M. & Passam, H.C. (2006). The effect of postharvest application of gibberellic acid and benzyl adenine on duration of dormancy of potato produced by plant grown from true potato seeds. *Post harvest biology and technology* 46(1): 54-62.

Arıoğlu, H. & Onaran, H. (2002). Niğde koşulları patates yetiştiriciliğinde; farklı yumru iriliği ve bitki sıklığının, yumru verimi ve yumru kalibrasyonu üzerine etkileri. III. Ulusal Patates Kongresi, İZMİR, cilt.1, ss.125-135.

Barani, M., Akbari, N. & Ahmadi, H. (2013). The effect of gibberellic acid (GA₃) on the size and sprouting of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *African Journal of Agriculture Research*, 8(29): 3899-3903.

Caldiz, D. O. (1996). Seed potato (*Solanum tuberosum* L.) yield and tuber number increase after foliar applications of cytokinins and gibberellic acid under field and glasshouse conditions. *Plant Growth Regul.*, 20: 185-88.

Cutter, E. G. (1992). Structure and development of the potato plant. Pages 65-146 in P. Harris, ed. *The potato crop: the scientific basis for improvement*. Chapman and Hall, London, UK.

Çalışkan, S., Hashemi, M.S., Akkemiş, M., Aytekin, R. İ. & Bedir, M. (2021). Effect of Gibberellic Acid on Growth, Tuber Yield and Quality in Potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Turk J. Field Crops*, 26(2), 139-146. doi: 10.17557/tjfc.1033429.

Dahshan, A. M. A., Zaki, H. E. M., Moustafa, Y. M. M., Abdel-Mageed, Y. T. & Hassan, M. A. M. (2018). Effect of some growth regulators and natural extracts on yield and quality of potato. *Minia Journal of Agriculture Research and Development*, 38(2): 271-295.

El-Hamady, M. M. (2017). Growth and yield of potato *Solanum tuberosum* L. as influenced by soaking in GA₃ and potassium fertilizer rates. *Canadian Journal of Agriculture and Crops*, 2(1): 50-59.

Hashemi, M. S. (2020). Patateste (*Solanum tuberosum* L.) Gibberellik Asit Uygulamasının Bitki Gelişimiyle Verim Ve Kalite Üzerine Etkileri. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi. Niğde.

Hou, K., Chen, J. W., Li, J. Y., Shen, H., Chen, L. & Wu, W. (2018). Effect of gibberellic acid and chlormequat chloride on growth, coumarin content and root yield of *Angelica dahurica* var. *formosana*. *J. Agr. Sci. Tech.* 15: 1415-1423.

Ittersum, M. K. & Scholte, K. (1993). Shortening dormancy of seed potatoes by a haulm application of gibberellic acid and storage temperature regimes. *American Journal of Potato Research* 70(1): 7-19.

Jackson, S. D. & Prat, S. (1996). Control of tuberization in potato by gibberellins and phytochrome B. *Physiol. Plant.* 98:407-412.

Javanmardi, J. & Rasuli, F. (2017). Potato yield and tuber quality as affected by gibberellic acid and zinc sulphate. *Iran Agricultural Research* 36(2): 7-12.

Jbour, M. (2003). Potato tuber dormancy period and ways of its regulation. Doctoral thesis, Plant Breeding and Acclimatization Institute, Poland, Jadwisin, 128s.

Karaat, F. E. (2011). Effects of different growth regulators applications on plant growth and tuber yield and quality in early and main product potato growing. MSc Thesis. Hatay Mustafa Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, p: 90 (in Turkish)

Kılıç, M. (2016). Gibberellik Asit ve Maleik Hidrazit Uygulamalarının Patates (*Solanum tuberosum* L.)'te Yumru Verimi ve Dormansi Süresi Üzerine Etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Kolomiets, M. V., Hannapei, D. J., Chen, H., Tymeson, M. & Gladon, R. J. (2001). Lipoxigenase is involved in the control of potato tuber development. *The Plant Cell Online*, 13(3): 613-626.

- Lorreta, J., Miktzel, G. & Nora, F. (1995) Dry Gibberellic acid combined with talc and fir bark enhances early and tuber growth of shepody. *Am Potato J* 72: 545-550.
- Njoqu, M. K., Gathungu, G. K. & Daniel, P. M. (2015). Comparative effects of foliar application of gibberellic acid and benzylaminopurine on seed potato tuber sprouting and yield of resultant plants. *American J. of Agriculture and Forestry*, 3(5): 192-201.
- Olsen, N., Kleinkopf, G. E. & Stark, J C. (2004). *Physiological Disorders. Agric. Commun., Univ. of Idaho, Moscow. Pages 309-327*
- Öner, E. K. (2012). Turfanda Patates (*Solanum tuberosum* L.)' te Dikim Zamanları ve Yumru Ön Uygulamalarının Verim ve Bazı Kalite Kriterlerine Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 159s, Samsun.
- Puzina, T. I. (2004). Effect of zinc sulfate and boric acid on the hormonal status of potato plants in relation to tuberization. *Russian Journal of Plant Physiology*, 51(2): 209-215.
- Salimi, K. H., Tavakkol, A. R., Hosseini, M. B. & Struik, P. C. (2010). Effects of Gibberellic Acid and Carbon Disulphide on Sprouting of Potato Minitubers. *Scientia Horticulturae*, 124, 14-18.
- Sarkar, D. (2008). The signal transduction pathways controlling in planta tuberization in potato: an emerging synthesis. *Plant Cell Reports*, 27(1): 1-8.
- Sharma, N., Kaur, N. & Gupta, A. K. (1998). Effects of gibberellic acid and chlorocholine chloride on tuberization and growth of potato (*Solanum tuberosum* L.). *J. Food Sci. Agric.*, 78: 466-470.
- Sillu, M., Patel, N. M., Bhadoria, H. S. & Wankhade, V. R. (2012). Effect of plant growth regulators and methods of application on growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. KUFRI BADSHAH. *Advance Research Journal of Crop Improvement*, 3(2): 144-147.
- Şanlı, A. & Cirit, Y. (2020). Tohumluk patates (*Solanum tuberosum* L.) üretiminin optimizasyonu: Dikim öncesi gibberellik asit uygulamaları ile dikim sıklığının etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (1): 156-165.
- Wang, C. C., Wang, X. Y., Wang, K. C., Hu, J. J., Tang, M. X., He, W. & Vander Zaag, P. (2018). Manipulating aeroponically grown potatoes with gibberellins and calcium nitrate. *American Journal of Potato Research*, 95(4): 351-361.
- Wiersema, S. G. (1985). *Physiological Development of Potato Seed Tubers. Technical Information Bulletin 20. International Potato center, Lima, Peru. pp: 16.*
- Xu, S., Li, J., Zhang, X., Wei, H. & Cui, L. (2006). Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites, and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turfgrass species under heat stress, *Environmental and Experimental Botany*, 56, 274-285.
- Yıldırım, M. (2019). *The Effects of Animal and Chemical Manure Applications on Plant Growth Yield and Quality in Potato (Solanum tuberosum L.)*”, MSc Thesis, Nigde Omer Halisdemir University. Graduate School of Natural and Applied Sciences, Nigde (in Turkish).
- Zainaldeen, M. A. & Abdul Rasool, I. J. (2018). Effect of foliar application of gibberellin and nutrients on growth and yield of potato var. “Burren”. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 49(2): 168-176.



Investigation of Colour Values in Mulberry Molasses Obtained by Ohmic Evaporation Process

Ferit Ak^{1,a,*}, Serdal Sabancı^{1,b}

¹Munzur University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Tunceli, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 24.10.2023 Accepted : 12.09.2024</p> <p>Keywords: White index Mulberry Traditional Ohmic evaporation Voltage</p>	<p>Evaporation process is the physical removal of water contained in the liquid food product. In this process, undesirable component formation, quality loss and aroma losses occur as a result of traditional heating techniques. Therefore, with developing technology, traditional food processing practices are being replaced by alternative techniques. The most important of these techniques is the ohmic heating process. Ohmic heating process is based on the principle of heating the product by passing alternating current between two electrodes. The main objective of this study was to investigate the colour values of mulberry molasses obtained by using three different voltage gradients. The samples were evaporated by ohmic evaporation under atmospheric conditions at three different voltage gradients from 22.2% Water Soluble Dry Matter (WSS) content to 68% WSS. L^*, a^*, and b^* colour values of the samples were measured. Some colour indexes such as whiteness and browning were calculated from the obtained L^*, a^*, and b^* values. When whiteness index (WI) and browning index (BI) were examined, the highest values were obtained in the conventional method, while the lowest values were obtained at a voltage gradient of 15 V/cm. It was determined that the total colour change value varied between 3.73-8.97, the lowest colour change value was obtained by the conventional method and this value increased with rising voltage gradient. As a result, when the mulberry molasses samples were examined in terms of colour changes, it was found that they were generally adversely affected by the increase in voltage gradient. However, it is thought that relatively lower voltage ohmic evaporation process can be used in terms of colour values, which is one of the leading physical quality values.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1872-1877, 2024

Ohmik Evaporasyon İşlemiyle Elde Edilen Dut Pekmezinde Renk Değerlerinin İncelenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 24.10.2023 Kabul : 12.09.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Beyazlık indeksi Dut Geleneksel Ohmik evaporasyon Voltaj</p>	<p>Evaporasyon işlemi sıvı gıda ürünü içerisinde bulunan suyun fiziksel olarak uzaklaştırılmasıdır. Bu işlemde geleneksel ısıtma teknikleri sonucunda istenmeyen bileşen oluşumu, kalite kaybı ve aroma kayıpları meydana gelmektedir. Bu nedenle gelişen teknoloji ile geleneksel gıda işlemi uygulamalarının yerini alternatif teknikler almaktadır. Bu tekniklerin başında ohmik ısıtma işlemi gelmektedir. Ohmik ısıtma işlemi iki elektrot arasında alternatif akım geçirilerek ürünün ısınma prensibine dayanmaktadır. Bu çalışmanın ana amacı üç farklı voltaj gradyanı kullanılarak elde edilen dut pekmezinin renk değerlerinin incelenmesidir. Örnekler ohmik evaporasyon işlemi ile üç farklı voltaj gradyanında atmosferik koşullar altında %22,2 Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) içeriğinden %68 SÇKM değerine kadar evaporasyon işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler için L^*, a^*, ve b^* renk değerleri ölçülmüştür. Elde edilen L^*, a^*, ve b^* değerlerinden beyazlık ve kahverengileşme gibi bazı renk indeksleri hesaplanmıştır. Beyazlık indeksi (Bİ) ve kahverengileşme indeksi (Kİ) incelendiğinde, en yüksek değerler geleneksel yöntemde elde edilirken en düşük değerler 15 V/cm voltaj gradyanında elde edilmiştir. Toplam renk değişim değerinin 3,73-8,97 arasında değiştiği, en düşük renk değişim değerinin geleneksel yöntemle elde edildiği ve bu değerlerin yükselen voltaj gradyanı ile arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, dut pekmezi örnekleri renk değişimleri açısından incelendiğinde genel anlamda voltaj gradyanının artmasından olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte fiziksel kalite değerlerinin başında yer alan renk değerleri bakımından nispeten daha düşük voltajlı ohmik evaporasyon işleminin kullanılabileceği düşünülmektedir.</p>

^a feritak@munzur.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0002-3229-4205>

^b serdalsabanci@munzur.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0003-1630-0799>



Giriş

Pekmez, geleneksel olarak meyve sularının veya meyvelerin tamamının uzun süre kaynatılıp su aktivitesi değerinin düşmesiyle konsantre hale gelen nihai bir ürün olarak tanımlanmaktadır (Akbulut ve ark., 2008). Ülkemizde pekmez, üzüm ve dut gibi meyvelerin başta olmak üzere keçiboynuzu, dut, andız, armut, kozalak ve şekerpancarı gibi meyvelerden üretilmektedir (Sengül ve ark., 2005; Işık ve Çelik, 2023; Rizk ve ark., 2023; Çetinkaya ve ark., 2024). Dut ılıman, subtropik ve tropik iklimde yetişebilen ve ülkemizin her bölgesinde üretimi olan önemli bir meyvedir. Taze ve kuru olarak tüketilmesinin yanı sıra endüstriyel olarak pekmez üretiminde kullanılan bu meyve reçel, marmelat, şarap ve sirke gibi ürünlerin eldesinde de kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu meyve biyoaktif bileşen, vitamin ve mineralce zengin besin içeriklerine sahiptir (Jan ve ark., 2021; Tao ve ark., 2017; Gündoğdu ve ark., 2018; Kıralan ve Gündoğdu, 2021; Kavak Akpınar, 2022).

Geleneksel pekmez üretimi, atmosferik ve vakum altında meyvelerin evaporasyon işlemine tabi tutularak konsantre edilmesi ile elde edilmektedir (Yousefi ve ark., 2012). Evaporasyon işlemi ile ürün içerisinde bulunan suyun uzaklaştırılarak su aktivitesinin düşürülmesi ve nihai ürünün uzun raf ömrüne sahip olması hedeflenmektedir (Sabancı, 2021). Geleneksel yöntemlerle uygulanan bu işlem sonucunda ısı etkisiyle bazı istenmeyen bileşenlerin oluşumunun yanı sıra kalite ve aroma kayıpları meydana gelmektedir. Bu nedenle gelişen teknolojik koşullarla birlikte pekmez üretiminde ısı işlemi yerini alabilecek alternatif ısıtma teknikleri uygulanmaktadır. Bu tekniklerin başında ise ohmik ısıtma ve mikrodalga ısıtma gelmektedir (Assawarachan ve Noomhorm, 2008, 2011; Sabancı ve ark., 2019; Sabancı ve İcier, 2022; Al-Hilphy ve ark., 2023).

Ohmik ısıtma, işlemi iki elektrot arasındaki üründen alternatif akımın geçirilmesine ve ürün içerisinde meydana gelen ısı jenerasyonu sonucu ürünün ısınma prensibine dayanmaktadır (Kaur ve Singh, 2016). Bu işlem; ısıtma, pişirme, çözündürme, evaporasyon, ekstraksiyon ve haşlama gibi uygulamaları içermektedir (İcier, 2011; İcier ve ark., 2017; Sabancı ve İcier, 2020). Ohmik ısıtma işlemi enerji verimliliği yüksek, hızlı ve verimli ısıtma tekniği olarak pek çok çalışmada rapor edilmiştir. Evaporasyon çalışmalarında, özellikle bu işlemin kalite özellikleri, performans özellikleri ve elektriksel iletkenlik değerleri üzerine yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Darvishi ve ark., 2015; Cevik, 2021; Goksu ve ark., 2022). Ancak detaylı olarak renk çalışmasının incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır (Sabancı ve ark., 2019).

Çalışmanın temel amacı; (I) 3 farklı voltaj gradyanı kullanarak ohmik ısıtma işleminde dut örneğinden pekmez üretilmesi, (II) fiziksel kalite parametreleri arasında öneme sahip renk özelliklerinin detaylı olarak incelenmesi ve (III) farklı voltaj gradyanları ile üretilen dut pekmezi ile geleneksel yöntemle üretilen dut pekmezinin renk özelliklerinin karşılaştırılmasıdır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan beyaz taze dut (*Morus Alba L.*) örnekleri Haziran ayında Elazığ ili Keban ilçesinden temin edilmiştir (38° 47' 36.93" Kuzey enlemi 38° 44' 18.03" Doğu boylamı). Örnekler hasat sonrası preslenerek şırası

elde edilmiştir. Elde edilen şıranın SÇKM değeri %22,2 olarak tespit edilmiştir. Şıra örnekleri analiz edilmeye kadar derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Ohmik Evaporasyon ve Geleneksel Yöntem ile Pekmez Üretimi

Elde edilen %22,2 SÇKM değerine sahip şıra örnekleri ohmik evaporasyon ve geleneksel yöntem ile kaynatılmış ve SÇKM değeri en az %68 oluncaya kadar işleme devam edilmiştir. Ohmik ısıtma sistemi bilgisayar, güç kaynağı, bağlantı elamanları, t-tipi ısı eş (Cole Parmer, UK), özel yağım mikroişlemci, elektrotlar ve test hücresinden oluşmaktadır. Ohmik evaporasyon işlemi ile pekmez üretimi 3 farklı voltaj gradyanı (11, 13 ve 15 V/cm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İşlem sırasındaki akım, sıcaklık ve voltaj değerleri özel yapım mikroişlemci yardımıyla kayıt altına alınmıştır. Ohmik evaporasyon işlemi ile pekmez üretimi sırasında test hücresi polioksimetilen, elektrotlar ise titanyumdan yapılmıştır. Geleneksel yöntem ile pekmez üretiminde ise ısı kaynağı olarak elektrikli ısıtıcıdan (Awox, Türkiye) yararlanılmıştır.

Renk Ölçümü

Elde edilen pekmez, şıra konsantrasyonuna seyreltikten sonra renk değerleri renk cihazı ile (Konica Minolta CR-400, Japonya) belirlenmiştir. L^* parlaklık, a^* kırmızılık, yeşillik ve b^* sarılık, mavilik renklerini temsil etmektedir. Bu değerlerden yola çıkılarak Eşitlik 1'de hue açısı, Eşitlik 2'de kroma değeri, Eşitlik 3'te sarılık indeksi, Eşitlik 4'te beyazlık indeksi, Eşitlik 5 ve 6'da kahverengileşme indeksi ile Eşitlik 7'de ise toplam renk değişimi değerleri hesaplanmıştır.

$$HA = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (1)$$

$$KD = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

$$SI = 142,86 * \left(\frac{b^*}{L^*} \right) \quad (3)$$

$$BI = 100 - ((100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$KI = 100 * \frac{(X-0,31)}{0,17} \quad (5)$$

$$X = \frac{((a^* + 1,75xL^*))}{(5,645xL^*) + a^* - (3,012xb^*)} \quad (6)$$

$$TD = \sqrt{(L^* - L_0^*) + (a^* - a_0^*) + (b^* - b_0^*)} \quad (7)$$

HA : Hue açısı

KD : Kroma değeri

SI : Sarılık indeksi

BI : Beyazlık indeksi

KI : Kahverengileşme indeksi

TD : Toplam renk değişimi

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirme IBM SPSS/PC (Version 21.0, IBM Co., North Castle, New York, ABD) yazılım programıyla analiz edilmiştir. Evaporasyon işlemleri arasındaki farklılıklar, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak analiz gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel anlamlılık $p < 0,05$ olarak belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Gıdanın lezzetini ve albenisini oluşturan parametrelerin başında rengin geldiği bilinmektedir. Gıda işleme proseslerinden kurutma, kabuk soyma, ohmik ısıtma ve ultrason destekli vakum kurutma gibi yöntemlerin hemen hemen tamamında renk önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir (Jha, 2010; Mercali ve ark., 2014; Demir ve ark., 2019; da Silva ve ark., 2019). Bu renk parametrelerinden biri olan Hue açısı; rengin ne olduğunu temsil etmektedir (Pathare ve ark., 2013). Mevcut çalışmada dut pekmezi için Hue açısı incelendiğinde, bu değer işlemsiz örneklerde 91,72 iken geleneksel üretimde 89,06 ve ohmik evaporasyonun 13 V/cm voltaj gradyanında ise 83,77 olarak tespit edilmiştir (Şekil 1). Sabancı ve ark (2019)' a göre nar suyu örneklerinin incelendiği çalışmada ohmik vakum evaporasyon işleminde yüksek voltaj gradyanlarında hue açısının daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun esas sebebi pigment bozulması ve meyve suyunun koyulaşması ile ilişkilendirilmiştir.

Renk parametrelerinden bir diğeri ise rengin doyumluğunu yansıtan kroma değeridir (Pandiselvam ve ark., 2023). Sonuçlar incelendiğinde, bu değer ohmik evaporasyon uygulanmamış örneklerde 7,86 iken 13 V/cm gradyan ohmik evaporasyonda 12,08 ve 15 V/cm gradyanında ise 5,24 olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Mevcut çalışmanın sonuçlarına benzer olarak, yapılan bir çalışmada nar suyuna uygulanmış daha yüksek voltajlı ohmik destekli vakum evaporasyon işlemlerinde kroma değerinin daha düşük olduğu dikkati çekmiştir (Sabancı ve ark., 2019).

Diğer bir renk temsili olan sarılık, bir yüzeyin renginin tercih edilen beyazdan (veya renksizden) sarıya doğru kayma derecesinin ölçüsü olduğu ve sarılık indeksi olarak tanımlandığı bilinmektedir (Pathare ve ark., 2013). Uygulamasız dut sırasında sarılık indeksi 34,10 iken 11 V/cm ve 15 V/cm voltaj gradyanlarında üretilen pekmezlerde ise sırasıyla 52,64 ve 31,05 olarak hesaplanmıştır (Şekil 1). Sarılık indeksinin 11 ve 13 V/cm ohmik evaporasyon işlemlerinde geleneksel evaporasyona göre arttığı fakat 15 V/cm işleminde düştüğü gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada benzer şekilde ohmik ısıtma işlemi kullanılmış şeker pancarı suyunun 20,3 voltaj gradyanındaki sarılık indeksinin 3,9 voltaj gradyanına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Brochier ve ark., 2018).

Renk temsil değerlerinden bir diğeri olan beyazlık, bir yüzeyin mükemmel yansıtıcı difüzörün özelliklerine ne kadar yakın olduğunun ölçüsü olup bu değer beyazlık indeksi olarak ifade edilmektedir (Pendiselvam ve ark., 2023). İşlem görmemiş, geleneksel ve ohmik evaporasyon ile üretilen pekmez örneklerinin (11 V/cm, 13 V/cm ve 15 V/cm) değerlerine bakıldığında beyazlık indeksinin sırasıyla 32,45, 33,35, 31,64, 30,74 ve 23,89 olduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Özellikle voltaj gradyanındaki artışla birlikte beyazlık indeksi değerinde meydana gelen düşüşün, maillard reaksiyonu, bileşiklerin termal/elektiriksel bozunmaları ile peroksidad ve polifenol oksidad aktiviteri gibi faktörlerden etkilendiği belirtilmiştir (Brochier ve ark., 2018). Nar suyu konsantreleri ile ilgili yapılan bir başka çalışmada evaporasyon işlemi boyunca beyazlık indeksini oluşturan

L^* , a^* , ve b^* değerlerinde önemli kayıpların meydana geldiği ve rengin kırmızımsı kahverengiye dönüştüğü belirtilmiştir (Maskan, 2006).

Kahverengileşme indeksinin ise kimyasal dönüşümü temsil ettiği ve özellikle oksidatif reaksiyonlar sonucu oluştuğu bilinmektedir (Pathare ve ark., 2013). Dut pekmezinin geleneksel, 11 V/cm ve 13 V/cm ohmik evaporasyon şartlarındaki değerlerine bakıldığında kahverengileşme indeksi değerlerinin sırasıyla 49,67, 46,28 ve 49,09 olduğu tespit edilmiş, en düşük kahverengileşme değerinin ise 15 V/cm voltaj gradyanında 23,15 olduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Suzart ve ark (2007) ile Prati ve ark (2005), kahverengileşme indeksinin enzimatik esmerleşmeye, indirgen şekerler ve amino asitler arasındaki Maillard reaksiyonu sonucu oluşan koyu pigmentlerin (melanoidinler) yanı sıra, fenolik bileşikler ve klorofilin oksidatif reaksiyonlarındaki renk değişimlerine bağlı olarak meydana geldiğini belirtmişlerdir.

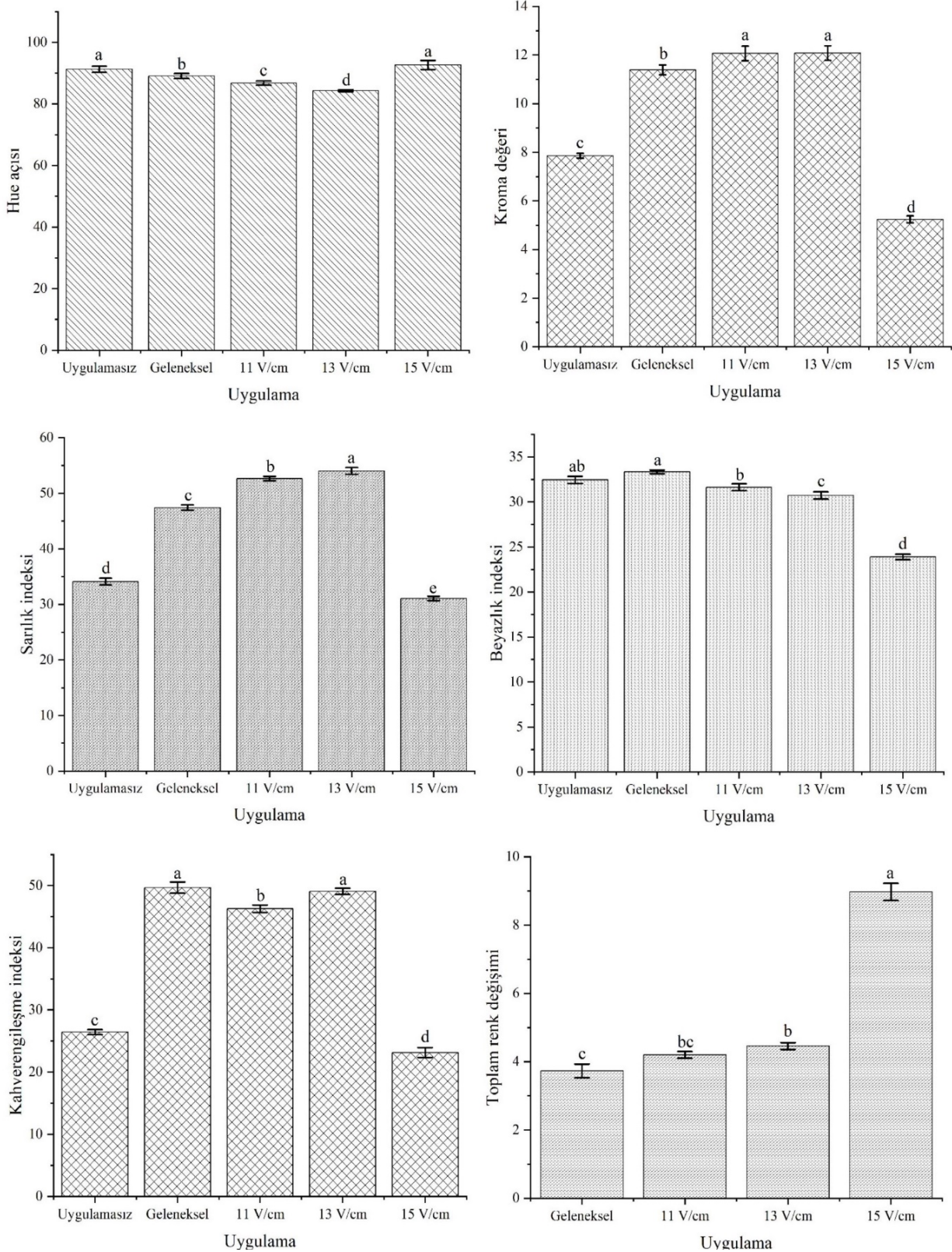
Gıda ürününün başlangıçtaki rengi ile o andaki renk değerleri arasındaki farkı toplam renk değişimi temsil etmektedir (Pandiselvam ve ark., 2023). Dut pekmezinde en düşük toplam renk değişimi değeri 3,73 ile geleneksel evaporasyonda görülürken ohmik evaporasyon uygulamalarında voltaj artışına bağlı olarak arttığı ve 8,97 ile en yüksek değere 15 V/cm voltaj gradyanında ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 1). Norouzi ve ark (2021) ohmik ve geleneksel evaporasyon uygulanan vişne suyu örneklerinin toplam renk değişim değerlerini inceledikleri çalışmalarında, geleneksel yöntemle elde edilen örneklerdeki değerin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmacılar ayrıca ohmik işlem boyunca oksijen varlığının ve meydana gelen farklı reaksiyonların sonucunda toplam renk değişimi açısından çeşitli gıdalarda değişken sonuçların meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Sabancı ve ark (2019) ohmik vakum evaporasyon ile işlem görmüş nar suyu örneklerinin yüksek renk değişimlerinin elektrokimyasal reaksiyonlarla ilişkili olduğunu ve elektrokimyasal reaksiyon hızlarındaki artışın renk değişimlerini de arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca, daha uzun işlem sürelerinin daha fazla renk değişimine yol açabildiği ifade edilmiş ve en yüksek renk değişimi değerleri ohmik vakum evaporasyon işlemi sırasında 7,5 ve 12,5 V /cm gerilim kademelerinde elde edilmiştir (Sabancı ve ark., 2019). Bu çalışmada da benzer şekilde yüksek voltaj uygulamalarında daha fazla renk bozulmaları tespit edilmiştir (Şekil 1).

Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde buharlaştırma yöntemlerinin renk özellikleri üzerinde farklı sonuçlar oluşturduğu görülmüştür. Dut pekmezi eldesinde yaygın şekilde geleneksel evaporasyon yöntemlerinin kullanıldığı bilinmektedir. Bu yöntem alternatif olarak mevcut çalışmada farklı voltaj gradyanlarında ohmik evaporasyon işlemi dut şurasına uygulanmıştır. Geleneksel yöntem ile ohmik evaporasyon yöntemi arasında tüm renk skalalarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Sarılık indeksi en düşük değeri 15 V/cm voltaj gradyanında elde edilmiştir. Bununla birlikte toplam renk değişimi

değerinin, geleneksel yöntemle elde edilen pekmez örneklerinde ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu bakımdan dut sırasına uygulanan ohmik evaporasyon işleminin özellikle yüksek voltaj uygulamalarına bağlı olarak meydana gelen renk bozulmalarının kalite kayıplarına sebep olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu

verilere dayanarak, dut pekmezi eldesinde nispeten daha düşük voltajlı ohmik uygulamaların daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Ancak konu ile ilgili hem renk özelliklerinin hem de renge bağlı kimyasal parametrelerin detaylıca incelendiği çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 1. Geleneksel ve ohmik evaporasyon işlemi uygulanan dut pekmezi örneklerinin renk değerleri.
Figure 1. Color values of traditional and ohmic evaporation-applied mulberry molasses samples

Kaynaklar

- Al-Hilphy, A.R., Al-Behadli, T.K., Al-Mtury, A.A., Abd Al-Razzaq, A.A., Shaish, A.S., Liao, L., Zeng, X., Manzoor, M.F. (2023). Innovative Date Syrup Processing with Ohmic Heating Technology: Physicochemical Characteristics, Yield Optimization, and Sensory Attributes. *Heliyon*, 9(9), e19583, 1-15. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19583
- Assawarachan, R., Noomhorm, A. (2008). Effect of Operating Condition on the Kinetic of Color Change of Concentrated Pineapple Juice by Microwave Vacuum Evaporation. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 6(3-4): 47-53.
- Assawarachan, R., Noomhorm, A. (2011). Mathematical Models for Vacuum-Microwave Concentration Behavior of Pineapple Juice. *Journal of Food Process Engineering*, 34(5): 1485-1505, doi: 10.1111/j.1745-4530.2009.00536.x
- Brochier, B., Mercali, G.D., Marczak, L.D.F. (2018). Effect Of Ohmic Heating Parameters on Peroxidase Inactivation, Phenolic Compounds Degradation and Color Changes of Sugarcane Juice. *Food and Bioproducts Processing*, 111, 62-71, doi: 10.1016/j.fbp.2018.07.003
- Cevik, M. (2021). Electrical Conductivity and Performance Evaluation of Verjuice Concentration Process Using Ohmic Heating Method. *Journal of Food Process Engineering*, e13672, doi: 10.1111/jfpe.13672
- Çetinkaya, T., Karacaoğlan, V., Oguzkan, S.B. (2024). Kastamonu Yöresinde Üretilen Gökmar Kozalak Pekmez ve Sıvı Şuruplarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(3): 685-694, doi: 10.18016/ksutarimdog.a.vi.1295623
- da Silva, E.S., Brandão, S.C.R., da Silva, A.L., da Silva, J.H.F., Coêlho, A.C.D., Azoubel, P.M. (2019). Ultrasound-Assisted Vacuum Drying of Nectarine. *Journal of Food Engineering*, 246, 119-124, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.11.013
- Darvishi, H., Hosainpour, A., Nargesi, F., Fadavi, A. (2015). Exergy And Energy Analyses of Liquid Food in an Ohmic Heating Process: A Case Study of Tomato Production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31, 73-82, doi: 10.1016/j.ifset.2015.06.012
- Demir, H.U., Atalay, D., Erge, H.S. (2019). Kinetics of The Changes in Bio-Active Compounds, Antioxidant Capacity and Color of Cornelian Cherries Dried at Different Temperatures. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 2032-2040, doi: 10.1007/s11694-019-00124-5
- Goksu, A., Duran, G., Çilingir, S., Çevik, M., Sabancı, S. (2022). Performance Evaluation of Pectin Extraction from Grapefruit Peel Powder by Ohmic Heating. *Journal of Food Processing and Preservation*, e16813, doi: 10.1111/JFPP.16813
- Gündoğdu, M., Tunçtürk, M., Berk, S., Şekeroğlu, N., Gezici, S. (2018). Antioxidant Capacity and Bioactive Contents of Mulberry Species from Eastern Anatolia Region of Turkey. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 52(4): 98-101, doi: 10.5530/ijper.52.4s.82
- Icier F. (2011). Ohmic Heating of Fluid Foods. P.J. Cullen, Brijesh K Tiwari, Vasilis P. Valdramidis (Eds.), *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods* 305-367. Elsevier Science. doi: 10.1016/B978-0-12-381470-8.00011-6
- Icier, F., H, Yildiz., Sabancı, S., Cevik, M., Cokgezme, O.F. (2017). Ohmic Heating Assisted Vacuum Evaporation of Pomegranate Juice: Electrical Conductivity Changes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 39:241-46, doi: 10.1016/j.ifset.2016.12.014
- Işık, S., Çelik, Ş. (2023). Sürülebilir Özellikte Yeni Kahvaltılık Bir Ürün: Dut Pekmezi Kreması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(2): 326-338, doi: 10.18016/ksutarimdog.a.vi.1075973
- Jan, B., Parveen, R., Zahiruddin, S., Khan, M.U., Mohapatra, S., Ahmad, S. (2021). Nutritional Constituents of Mulberry and Their Potential Applications in Food And Pharmaceuticals: A Review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(7): 3909-3921, doi: 10.1016/j.sjbs.2021.03.056
- Jha, S.N. (2010). Colour Measurements and Modeling. in *Nondestructive Evaluation of Food Quality: Theory and Practice* (pp. 17-40). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kaur, N., Singh, A.K., (2016). Ohmic Heating: Concept and Applications—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(14), 2338-235, doi: 10.1080/10408398.2013.835303.
- Kavak Akpınar, E. (2022). The Investigation with Exergetic Indicators and Heat Transfer Parameters of Solar Drying Process of White Mulberry. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 44(1): 168-181, doi: 10.1080/15567036.2020.1757788
- Kıralan, M., Gündoğdu, M. (2021). Dut Türlerine ait Meyvelerin Organik Asit ve C vitamini İçerikleri Üzerine Farklı Kurutma Tekniklerinin Etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(3): 404-411, doi: 10.24180/ijaws.990049.
- Maskan, M., (2006). Production of Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Juice Concentrate by Various Heating Methods: Colour Degradation and Kinetics. *Journal of Food Engineering*, 72(3): 218-224, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.11.012
- Mercali, G.D., Schwartz, S., Marczak, L.D.F., Tessaro, I.C., Sastry, S. (2014). Ascorbic Acid Degradation and Color Changes in Acerola Pulp During Ohmic Heating: Effect of Electric Field Frequency. *Journal of Food Engineering*, 123, 1-7, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.09.011
- Norouzi, S., Fadavi, A., Darvishi, H. (2021). The Ohmic and Conventional Heating Methods in Concentration of Sour Cherry Juice: Quality and Engineering Factors. *Journal of Food Engineering*, 291(2021): 110242, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110242
- Pandiselvam, R., Mitharwal, S., Rani, P., Shanker, M.A., Kumar, A., Aslam, R., Barut, Y.T., Kothakota, A., Rustagi, S., Bhati, D., Siddiqui, S.A., Siddiqui, M.W., Ramniwas, S., Aliyeva, A., Khaneghah A.M., (2023). The Influence of Non-Thermal Technologies on Color Pigments of Food Materials: An Updated Review. *Current Research in Food Science*, 6, 100529, doi: 10.1016/j.crf.s.2023.100529
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 36-60, doi: 10.1007/s11947-012-0867-9
- Prati, P, Moretti, R.H., Cardello, H.M.A.B. (2005). Elaboração de Bebida Composta Por Mistura de Garapa Parcialmente Clarificada-Estabilizada e Sucos de Frutas Ácidas. *Food Science and Technology*, 25, 147-152, doi: 10.1590/S0101-20612005000100024
- Rizk, H.A., Estephan, J., Salameh, C., Kassouf, A. (2023). Non-targeted detection of grape molasses adulteration with sugar and apple molasses by mid-infrared spectroscopy coupled to independent components analysis. *Food Additives and Contaminants: Part A*, 40(1): 1-11, doi: 10.1080/19440049.2022.2135766
- Sabancı, S., Çevik, M., Cokgezme, O.M., Yildiz, H., Icier, F. (2019). Quality Characteristics of Pomegranate Juice Concentrates Produced by Ohmic Heating Assisted Vacuum Evaporation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(5): 2589-2595, doi: 10.1002/JSFA.9474
- Sabancı, S., Icier, F. (2020). Enhancement of The Performance of Sour Cherry Juice Concentration Process in Vacuum Evaporator by Assisting Ohmic Heating Source. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 269-279, doi: 10.1016/j.fbp.2020.05.004

- Sabancı, S. (2021). A Study on Electrical Conductivity and Performance Evaluation of Ohmic Evaporation Process of Grape Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5):e15487, doi: 10.1111/jfpp.15487
- Sabancı S. and İcier F. (2022). Evaluation of an Ohmic Assisted Vacuum Evaporation Process for Orange Juice Pulp. *Food and Bioprocess Technology*, 13(1), 156–63, doi: 10.1016/J.FBP.2021.09.009
- Sengül, M., Ertugay, M.F., Sengül, M. (2005). Rheological, Physical and Chemical Characteristics of Mulberry Pekmez. *Food Control*, 16(1): 73–76, doi: 10.1016/j.foodcont.2003.11.010
- Suzart, C.A.G., Bergara, S., Molina, G., Moretti, R.H. (2007). Caracterização de Cultivares de Cana-De-Açúcar (*Saccharum Ssp.*) Para a Produção de Caldo de Cana: Rendimento de Caldo e Valor de Brix. In XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos.
- Tao, Y., Wang, Y., Yang, J., Wang, Q., Jiang, N., Chu, D.T., Han, Y., Zhou, J. (2017). Chemical Composition and Sensory Profiles of Mulberry Wines as Fermented with Different *Saccharomyces Cerevisiae* Strains. *International Journal of Food Properties*, 20(2): 2006-2021, doi: 10.1080/10942912.2017.1361970
- Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S.M.A., Askari, G.R. (2012). Comparing The Effects of Microwave and Conventional Heating Methods on the Evaporation Rate and Quality Attributes of Pomegranate (*Punica Granatum L.*) Juice Concentrate. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1328-1339, doi: 10.1007/s11947-011-0603-x



Women's Gender Perceptions and Agricultural Information Sources in Rural Şanlıurfa

Burçin Yiğit^{1,a}, Fatma Öcal Kara^{2,b,*}

¹Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilimdalı, Şanlıurfa, Türkiye

²Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 31.03.2024 Accepted : 17.09.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Gender Women's Labor Rural Area Gender Perception Survey</p>	<p>Patriarchal values prevailing in rural areas and inequalities in meeting women's needs lead to the devaluation of women's labor. Gender roles are shaped according to the social, economic and cultural structure of societies, geography, time, class and ethnic structure, and produce various mechanisms accordingly. Based on the assumption that traditional gender roles prevail in the Southeastern Anatolia Region, the research aims to reveal the gender perceptions of women working in agriculture in rural Şanlıurfa. Face-to-face interviews with women in the research area were held in women's working and living spaces in order to see the living conditions of women. The research data was obtained by conducting a survey with a total of 237 women living in rural areas of five districts of Şanlıurfa and working in agriculture. In the study, it was determined that the majority of women accepted the full responsibility of household chores. The majority of women stated that they were not satisfied with working in the agricultural sector due to the lack of social security, low wages and difficult working conditions. Women who work intensively in both plant and animal production have almost no access to agricultural information resources. Women-focused services to rural areas should be increased and coordinated services should be provided by the Ministry of Agriculture and Forestry, other relevant ministries and institutions, non-governmental organizations and local governments. Thus, the way for social change in rural areas may be paved.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1878-1885, 2024

Şanlıurfa Kırsalında Kadınların Toplumsal Cinsiyet Algıları

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 31.03.2024 Kabul : 17.09.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Toplumsal Cinsiyet Kadın Emeği Kırsal Alan Toplumsal Cinsiyet Algısı Anket</p>	<p>Kırsalda hüküm süren ataerkil değerler, kadınların gereksinmelerinin karşılanmasına yönelik eşitsizlikler, kadının emeğinin değersizleştirilmesine neden olmaktadır. Toplumsal cinsiyet rolleri, coğrafi konuma, toplumların kültürel, sosyal ve ekonomik yapısına, sınıfa, zamana, etnik yapıya göre biçimlenir ve buna uygun çeşitli mekanizmalar da üretir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde de geleneksel cinsiyet rollerinin hüküm sürdüğü varsayımından hareketle araştırmada, Şanlıurfa kırsalında tarımda çalışan kadınların toplumsal cinsiyet algılarını ortaya koymak amaçlanmıştır. Araştırma sahasında kadın deneklerle yüz yüze yapılan anket görüşmeleri, kırsalda kadınların yaşam şartlarını görebilmek amacıyla özellikle kadınların çalışma ve yaşam alanlarında gerçekleştirilmiştir. Şanlıurfa'nın beş ilçesinin kırsalında yaşayıp tarımda çalışan toplam 237 kadınla yüz yüze anket çalışması yapılarak araştırma toplanmıştır. Çalışmada, ev işleri sorumluluğunun tamamını kabullenen kadınların çoğunlukta olduğu saptanmıştır. Ücretlerin düşük olması, sosyal güvenliğin olmayışı ve çalışma koşullarının güçlüğü sebebiyle kadınların büyük bir bölümü tarımda çalışmaktan memnun değildir. Hem bitkisel hem hayvansal üretimde yoğun çalışan kadınların tarımsal bilgi kaynaklarına erişimi yok denecek kadar azdır. Tarım ve Orman Bakanlığı, diğer ilgili bakanlık ve kurumlar, sivil toplum kuruluşları ve yerel yönetimler tarafından kırsal alana kadın odaklı hizmetlerin sayısı artırılmalı ve eşgüdümle hizmetler sunulmalıdır. Böylece kırsal alanda toplumsal değişimin önü açılmış olabilir.</p>

^a burcin@harran.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0009-0007-0408-9646>

^b focal@harran.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0002-6192-0375>



Giriş

“Toplumsal Cinsiyet” kavramı 1972’de Ann Oakley tarafından ilk defa kullanılmış, bu kavramda, kadınlık ile erkeklik arasındaki toplumsal açıdan farklılıklar açıklanmıştır (Kirman, 2011). “Cinsiyet” kavramı, biyolojik farklılıkları açıklarken; “toplumsal cinsiyet” kavramı ise, belirli bir bağlama göre iki cinsiyet arasındaki toplumsal ilişkilere atıf yapmaktadır (Anonim, 2008). Toplumsal cinsiyet, her iki cinsiyetin toplumdaki sorumluluklarını, rollerini ve ilişkilerini belirten; coğrafyaya, kültüre ve zamana göre değişebilen bir kavramdır (Dinç Kahraman, 2010). Bireyler, doğumdan itibaren, içinde buldukları kültür ve toplumun normlarına ait toplumsal cinsiyet kalıplarını benimsemeye başlar ve bu duruma uygun bir şekilde davranmaları için baskıya maruz bırakılırlar (Güvenç & Aktaş, 2006). Aslında fertler toplumsal cinsiyet rollerini ilk olarak çekirdek ve geniş ailesindeki fertleri gözlemleyerek öğrenirler. Sosyalizasyon süreci içerisinde de toplumsal cinsiyet rolleri içindeki kalıp yargıları öğrenmeye devam ederler ve böylelikle kadınlığa ve erkeklığe ilişkin toplumsal cinsiyet rolleri bu yollarla biçimlenir. Bireylerin bu farklı tutumları, özellikle ergenlik çağında artışa geçmektedir (Kaplan & Tasa, 2022).

Türkiye gibi ataerkil toplumlarda toplumsal cinsiyet rolleri bireylerin yaşamını farklı yönlerde biçimlendirmektedir. Örneğin, toplum tarafından kadına çocuk doğurma, bakma ve büyütme, yemek yapımı, temizlik vb. ev içi işleri üstlenme, iş hayatında aktif olmama vb. geleneksel cinsiyetçi roller yüklenirken; erkek bireylere ise, maddi kaynaklarda kontrol sahipliği, evin reisi ve evin geçiminden sorumlu olma gibi roller yüklenmektedir (Atış, 2010; Bhasin, 2003; Dökmen, 2004; Özvarış, 2007; Vefikuluçay ve ark., 2007; Zeyneloğlu & Terzioğlu, 2011; Egelioglu Çetişli ve ark.2017) Kırsalda hüküm süren ataerkil değerler; kadınların gerteksinmelerinin karşılanmasına ilişkin eşitsizlikler, kadının emeğinin değersiz görünmesine ve kendi bedeni üzerindeki kontrolünün, eğitim ve sağlık imkanlarına erişimin zayıflığına yol açmaktadır (Ülker, 2013; Semerci Özkan & Sasman Kaylı, 2022).

Toplumsal cinsiyet kalıplarının tarih ve toplum bağımlı olduğu söylenebilir. Bu çerçeveden bakıldığında Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde de kadın cinselliği ve bedeni üzerinde, yörenin ekinsel yapısına göre biçimlenen bir anlayış ve buna uygun da çeşitli mekanizmaların olduğu kolaylıkla görülebilmektedir: Kadınların genellikle feodal yapıya veya içinde bulunduğu topluma göre davrandığı ve erkeğin egemen olduğu bir tutum ve anlayışın hakim olduğu söylenebilir. Kısaca kadınlar kendileri için ve kendilerine göre yaşam sürmemektedir. Bölgede bu anlayışın izleri toplumsal ve bireysel davranışlardan geleneklerden törelere kadar geniş bir alanda yansıma bulmaktadır. Belirli bir toplumda, kadın(lık) ve erkek(lik) ile ilgili değerler toplumdaki cari olan cinsiyet rejimini anlama noktasında önemli ipuçları sunar. Yani, toplumsal cinsiyet algısının toplumsal pratiklerde nasıl yansıdığını anlamayı kolaylaştırır. Aynı zamanda bu değerler, cinsiyet ilişkilerinin iktidar hiyerarşisi hakkında da önemli veriler sağlarlar. Bu bağlamda, bölgede kadının statüsü, evin içinde ve evin dışındaki konumunu belirleyen diğer bir ifadeyle kadının

bedeni ile cinselliği üzerindeki geleneksel kontrol ve cinsiyetler arası eşitsizliği besleyen, koruyan ve yeniden üreten mekanizmalar üzerinden anlaşılabilir. Bunlar; görücü usulü ve erken, zorla evlilik, çok eşlilik, namus cinayetleri, boşanma kuralları, başlık parası, gibi akrabalığa ve aileye ilişkin toplumsal göstergelerle kadının toplumsal ve siyasal hayata katılım düzeyini, eğitim durumunu, kadının istihdamını gösteren daha çok ekonomik göstergelerdir (Ökten,2009).

Kadınlar, kırsalda alanda çoğu zaman ihtiyacı olan temel eğitim olanaklarına ulaşamadığı gibi tarımsal üretimde ana unsurlardan birini oluşturan tarımsal bilgiye de erişememektedir. Tarımsal yayım, tarımsal üreticinin en güvenilir bilgi kaynağıdır ancak dünyada birçok kadın tarımsal yayım hizmetlerinden istenilen düzeyde faydalanamamaktadır. FAO tarafından 1988-89 yıllarında yapılan ve 97 ülkeyi içine alan araştırmada, tüm tarımsal yayım çalışmalarının yalnızca % 5’inin doğrudan kadınlara sunulduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca araştırmada, yayım hizmeti veren personelin yalnızca % 15’inin kadın olduğu ifade edilmiştir. Toplumsal cinsiyet eşitsizliğine bağlı normlar bir çok bölgede kadının aile dışından biriyle iletişim kurma olanağını kısıtlamakta ve kadın yayım danışmanlarının yetersizliği, kadınların bu hizmetlerden yeterince faydalanamamasına sebep olmaktadır (FAO, 2011; Alkan, 2019).

Toplumsal cinsiyet rolleri, toplumların kültürel, sosyal ve ekonomik yapısına, coğrafyaya, zamana, sınıfa etnik yapıya göre biçimlenir ve buna uygun çeşitli mekanizmalar da üretir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde de geleneksel cinsiyet rollerinin hüküm sürdüğü varsayımından hareketle araştırmada Şanlıurfa kırsalında tarımda çalışan kadınların toplumsal cinsiyet algıları ve tarımsal bilgi kaynaklarını ortaya koymak amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

2021 yılında Şanlıurfa’ya bağlı beş ilçeden tarım sektöründe aktif çalışan kadın deneklerden anket yoluyla toplanan birincil veriler, bu çalışmanın ana materyalini oluşturmuştur. İlçe ve köy seçiminde kadın emeğinin yoğun olduğu yerler dikkate alınmıştır. Ayrıca, araştırma sahasının belirlenmesinde sosyo-ekonomik yapı, toplumsal yapı ve etnik yapı göz önüne alınarak gayeli örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Araştırma alanını Şanlıurfa’nın merkez ilçeleri olan Haliliye ve Eyyübiye’ye bağlı köyler ile Suruç, Harran, Akçakale’ye bağlı köyler oluşturmaktadır. Kırsal alanda tarımsal üretimde kadın emeğinin yüksek olduğu ilçeler seçilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırma Sahası

Table 1. Research Area

İlçeler	Frekans	Yüzde (%)
Haliliye	95	40.08
Eyyübiye	52	21.94
Suruç	33	13.92
Harran	29	12.24
Akçakale	28	11.81
Toplam	237	100,00

Ana kitlenin saptanmasının mümkün olmadığı zaman araştırmacılar tesadüfi olmayan örnekleme metodlarına başvurabilir (Newbold, Carlstone ve Thome, 2012). İl genelinde kadınların kayıt dışı çalışmaları söz konusu olduğundan istatistik verilere ulaşılması mümkün olmamaktadır. Bu araştırmada anakitle tam olarak belirlenemediğinden kadın deneklerin seçiminde kolayda örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Kolayda örnekleme yöntemi, tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden bir tanesidir. Araştırma verileri, 2021 yılında Şanlıurfa'ya bağlı beş ilçeden tarımda aktif çalışan 237 kadından yüz yüze anket yöntemi kullanılarak toplanmıştır. Covid 19 pandemisi nedeniyle veri toplamada güçlükler yaşanmış, ulaşılabilen gönüllü tarımda çalışan kadın denek sayısı (237) araştırma kapsamına alınmıştır. Ayrıca araştırma konusuyla ilgili kitap, tez ve makalelerden yararlanılmıştır. Anket dışında katılımcılarla nitelikli görüşmeler de yapılmıştır.

Verilerin elde edilmesinde kadın katılımcılarla yüz yüze yapılan anket formları kullanılmıştır. Sorular araştırmacılar tarafından araştırma amacına uygun olarak hazırlanıp anket formları oluşturulmuştur. Anket formu, açık uçlu, kapalı uçlu ve likert tutum ölçekli sorulardan oluşmaktadır. Tutum ölçekli sorularda Likert (1932) tarafından geliştirilen 5'li ölçekten yararlanılmış, ifadeler araştırmacı tarafından oluşturulmuştur. SPSS 21.0 istatistik yazılımından verilerin analizinde yararlanılmıştır. Kadınların demografik özellikleri ve bilgi kaynaklarına ilişkin bilgiler frekans, yüzde biçiminde çizelgelerle gösterilirken, toplumsal cinsiyet algıları katılma düzeylerine göre ortalama olarak verilmiştir. Çalışmada kullanılan anket formu için etik kurul onayı alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Kadınların Demografik Bilgileri

Anket çalışmasına katılan kadın deneklere ait bazı demografik bulgular Çizelge 2'de gösterilmiştir. Tarımsal üretimde işgören kadınların büyük bir bölümünü (%46,83), 30 yaş altındaki dinamik genç nüfusun oluşturduğu saptanmıştır. Görüşülen kadınların %40,93'ü okuma yazma bilmezken, %30,38'i ilkökul mezunudur.

Yapılan görüşmelerde, genç nüfusun ekonomik ve sosyo-kültürel nedenler yüzünden hiç okula gidemediği ya da eğitimini yarıda bırakmak durumunda kaldığı

saptanmıştır. Özellikle mevsimlik işçiliğe giden gençlerin öğrenimi için gerekli ekonomik imkan ve yeterli zamanı bulamadığı saptanmıştır. Evlilik yaşı 21 yaşın altındadır. Kendilerine ait sosyal güvence yoktur. Kadınların %49'unun ailesinden dolayı sosyal güvencesi mevcuttur.

Tarımda Kadın Emeği ve Toplumsal Cinsiyet

Tarımda kadın emeği ve toplumsal cinsiyete ilişkin çeşitli ifadeler/yargılara karşı algı ortalamaları Çizelge 3'de verilmiştir. İfadeler araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

"Hanedeki ev işlerinin çoğunu kadınlar yapar" ifadesine katılan kadınların (4,27) toplumsal rollerine dair geleneksel bakış açısını taşıdığı söylenebilir. Ev işleri sorumluluğunun tamamını kabullenen kadınların çoğunlukta olduğu söylenebilir. Bu görüşten hareketle bu durumu doğal karşılayan kadınların geleneksel kadın olma rolüne göre davranış sergiledikleri söylenebilir.

Kadın ve erkek bireyler, kendi kültürel kodlarına dayalı biçimde rollerini yerine getirirken, bu durum toplumsal yapı içinde bazı zaman hiyerarşik bir yapı görünümüne bürünmüştür. Bu görünüm içinde erkek çocuğa erken yaşlarından itibaren otoritenin temsilcisi ve güç sahibi olma motivasyonunun verildiği görülmektedir (Akıncı Çötök, 2015). Böylelikle bu motivasyon, erkeğin tüm toplumsal yaşamında ideal olan durum biçiminde yansıtıldığından erkeğin bu algısı da sahip olduğu bu gücü özgür biçimde kullanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle ev işi sorumluluklarını üstlenmemekte, ev işlerinin tamamını kadın işi olarak görmektedir. Özgün (2011) bu durumu, ev içi emek ve ev içi cinsiyetçi iş bölümü bağlamında hane işlerinin (çocuk ve yaşlı bakımı, temizlik ve yemek yapma vb.) yapılmasında erkeklerin çıkarı olduğuna bağlayarak kadınların aile içinde harcadıkları karşılıksız emeğin kadınları ücretli-ücretsiz emek kaskacına hapsedmesi olarak açıklar.

Kadının en önemli görevinin ne olduğu algısı fazla değişmemektedir. Dolayısıyla kadının hane içindeki en önemli üç sorumluluğunun "evin işlerini yapmak", "çocuklarına bakmak" ve "aile içi uyumu ve huzuru sağlamak" olarak ifade edilmesi, daha da önemlisi kadının da kendi görevlerini en yüksek oranda bu şekilde belirtmesi geleneksel cinsiyetçi rol dağılımına uygun bir algılamının yaygın olduğu sonucuna ulaşılmasını olanaklı kılmaktadır (Gökçe, 2010).

Çizelge 2. Sosyo-demografik özellikler

Table 2. Sociodemographic characteristics

		Sayı	(%)		Sayı	(%)	
Yaş	18-24	63	26,58	Eğitim durumu	Okur-yazar değil	97	40,93
	25-30	48	20,25		İlkokul	72	30,38
	31-40	61	25,74		Ortaokul	31	13,08
	41-50	46	19,41		Lise	29	12,24
	51 ve +	19	8,02		Lisans	8	3,38
Medeni durum	Bekâr	48	20,25	Sosyal güvence	Var	118	49,79
	Evli	187	78,90		Yok	119	50,21
	Boşanmış	2	0,84				
Evlilik yaşı	12-15 yaş	17	7,17	Çocuk sayısı	1-5	109	61,24
	16-21 yaş	127	53,58		6-10	64	35,96
	22-30 yaş	45	18,98		11-15	5	2,81
	Bekâr	48	20,25				
Toplam		237	100,00	Toplam		237	100,00

Çizelge 3. Kadınların tarımda çalışmasına ilişkin tutum ve algı ortalamaları

Table 3. Average attitudes and perceptions regarding women's work in agriculture

İfadeler	Katılma Düzeyi										O	SS
	1		2		3		4		5			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%		
Ev işlerinin çoğunu kadınlar yapar	18	7,59	10	4,22	18	7,59	35	14,77	156	65,82	4,27	1,233
Ev işi, çocuk bakımı kadının temel görevi olarak görülüyor	29	12,24	17	7,17	7	2,95	23	9,70	161	67,93	4,14	1,444
Kadınların ücretli çalışmaları evdeki kararlara etki etmektedir	19	8,02	18	7,59	51	21,52	71	29,96	78	32,91	3,78	1,224
Toplum tarımda çalışan kadınların emeğinin bilincindedir	39	16,46	49	20,68	32	13,50	60	25,31	57	24,05	3,20	1,432
Tarımdaki gelirimle kişisel ihtiyaçlarımı karşılayabiliyorum	26	10,97	37	15,61	31	13,08	64	27,00	79	33,33	3,56	1,375
Tarımda çalışırken çocuklarıma yeterince zaman ayırabiliyorum	56	29,95	31	16,58	42	22,46	26	13,90	32	17,11	2,71	1,456
Çocuklarımla tarım sektöründe çalışmasını isterim	102	43,04	45	18,99	38	16,03	18	7,59	34	14,35	2,31	1,448
Tarım çalışmaktan memnunum	84	35,44	47	19,83	28	11,81	49	20,68	29	12,24	2,54	1,454
Çalışırken evimi özlüyorum	57	24,05	11	4,64	35	14,77	35	14,77	99	41,77	3,46	1,622
İş kazası durumunda gerekli sağlık hizmetine hemen ulaşabiliyorum	37	15,61	24	10,13	44	18,57	68	28,69	64	27,00	3,41	1,389
Kadınların sigortalanması emeklerinin görünür kılınmasına olumlu yönde etki yapar	30	12,66	13	5,49	26	10,97	45	18,99	123	51,90	3,92	1,410
Kadınların tarım kooperatiflerine üye olmasını olumlu buluyorum	19	8,02	13	5,49	53	22,36	66	27,85	86	36,29	3,79	1,220
Tarım işçiliğinde erkekler kadınlardan daha fazla ücret alıyor	32	13,50	34	14,35	23	9,70	50	21,10	98	41,35	3,62	1,472
Köyde örgün eğitime ve tarımsal eğitime erişim olanakları yeterlidir	48	20,25	31	13,08	50	21,10	68	28,69	40	16,88	3,09	1,380
Kadınların politikada yeteri derecede yer almaktadır	51	21,52	53	22,36	44	18,57	43	18,14	46	19,41	2,91	1,430
Tarımsal yayım faaliyetlerinden yeteri düzeyde faydalanıyorum	45	18,99	41	17,30	72	30,38	53	22,36	26	10,97	2,89	1,261
Maddi varlığa sahip olabiliyor ve mirastan pay alabiliyorum	96	40,51	23	9,70	24	10,13	63	26,58	31	13,28	2,62	1,540

5'li Likert ölçeğinde puanlama 1'den 5'e kadar yapılmıştır. "1-Kesinlikle katılmıyorum, 2-Katılmıyorum, 3-Kararsızım, 4-Katılıyorum ve 5-Kesinlikle katılıyorum"; O: Ortalama; SS: Standart sapma

“Ev işçiliği ve çocuk bakımı kadının temel görevi olarak görülüyor” ifadesine katılan kadınlar (4,14) bu sorumlulukları kabullendikleri gibi içinde buldukları toplumun da böyle düşündüğünün bilincindedir. Ankete katılan kadınlar, salt çocuk bakımı değil, yaşlı bakımının da kendileri üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Fazlıoğlu (2002) tarafından, GAP Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada “erkeklerin yaptığı işler genellikle toplumsal olarak daha prestijli ya da karşılığında daha çok gelir getiren işlerdir” görüşü ileri sürülmektedir. Kadınlar tarafından yapılan işlerin daha çok ev eksenli emeğe dayanan mevsimlik, ücretsiz, yarı zamanlı türde işler olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle kadınların yaptıkları işlerden üretilen giyecek, yiyecek vb. ürünler genellikle hemen tüketildiklerinden dolayı ekonomik bir değer olarak görülmemektedir. Bunun sonucunda da kadın emeği ne yazık ki görünmez kılınp değersizleştirilmektedir. Bu açıdan bakıldığında “kadın işi”, “erkek işi” gibi tanımlamalarda ilkinin daha değerli olduğu yolunda yargılar toplumda kabul görmektedir.

Toplumsallaşma aracılığı ile erkeklik ve kadınlık rolleri üretilir. Toplumsallaşmanın en belirgin ve görünür biçime geldiği alan ise, kadınlık ve erkeklik rollerinin karşı karşıya kaldığı aile ve evlilik ilişkilerinin yarattığı özel alan olmaktadır. Maddi temelleri cinsiyetler arasındaki işbölümüne (ve özellikle üreme biyolojisinin gerçeklerine) dayanan, büyük ölçüde ideolojik alana atfedilen ataerkil

sistemin (Kandiyoti, 1997) sürekliliğinin sağlanabilmesi için, “aile” kavramı etrafında geliştirilen, kamu alanlarında ve kamuya açık yerlerde de sınırları belirlenen bu kutuplaştırılmış toplumsal cinsiyet rollerine gereksinim duyulmaktadır. Dolayısıyla bu inşa süreci gelişen, değişen gereksinimlere göre sürekli yeniden inşa edilmekte ve her toplumda farklı gelişmektedir. Sonuç olarak erkekğin birincil, kadının ise, ikincil seviyede konumlandırıldığı iş bölüşümü ve buna koşut biçilen değer sistemi doğrultusunda eşitsizlik yeniden üretilmektedir. Bunun etkisi de her alana yansımaktadır (Kahraman Yüce ve ark., 2014).

Bölgede feodal sistemin ve ataerkil yapının varlığını sürdürmesi ve toplumsal cinsiyet eşitliğinin tam oluşturulmaması sebebiyle ev işleri ve çocuk bakımı gibi işler kadınların görevi olarak görülmektedir. Bu nedenle geleneksel cinsiyetçi rollerin varlığını devam ettirdiği söylenebilir (Yiğit & Öcal Kara, 2023).

Kadınlar, ücret karşılığı çalışmalarının her konuda olmasa da aile içi bazı kararlarda etkili olduğunu ifade etmişlerdir (3,78). Özellikle kız çocuklarının evlilik kararlarında, ev ve mutfak ihtiyaçları gibi hususlarda az da olsa söz sahibi olduklarını ancak bunun çok yetersiz kaldığını dile getirmişlerdir. Bölgede kadınların özellikle yaşlandıktan sonra sözlerinin dikkate alındığı, genç yaşta kadınların hane içinde fazla söz hakkına sahip olmadığı

söylenbilir. Tarımsal üretimle ilgili konularda ise kadınlar, kararlara katılmamaktadır. Ökten (2009)' a göre kırsal alanda konutun sahibi ve reisi de erkektir ve evin temsil edilmesi ve yönetimiyle ilgili tüm kararların da büyük ölçüde erkek tarafından verilmesi meşru görülmektedir. Kadınlar, sosyal yaşamın bir çok alanında tek başına karar alıcı olarak tanımlanmamıştır. Yaşamın biçimlenmesi ve varlığını sürdürmesinde önemli bir alan olan maddi kaynakların denetimi büyük oranda evin sahibi ve reisi olan erkeklere aittir. Kutlar (2013) tarafından Burdur ilinde hayvancılık işletmelerinde yapılan araştırmada, kadınların aile içinde huzursuzluk çıkmasını istemedikleri için karar veren değil, kararlara katılan konumda olduğu vurgulanmıştır. Baş (2019), fındık üretiminde kadın emeğini araştırdığı çalışmada kadınların ücretli işte çalışmasının ev içi kararlarda etkili olmadığını belirtmiştir (%85). Kadının hem tarımsal üretimdeki hem de ev içindeki emeğinin değersiz olduğunu özellikle hane içinde yapmış olduğu işlerin maddi olarak hiçbir karşılığının olmamasının da bunun en büyük göstergelerinden biri olduğunu dile getirmiştir. Hablemitoğlu (1996), tarafından kırsal ailede kadının iş modelleri ve kararlara katılımının araştırıldığı çalışmada, işletmeye, tarımsal üretim faaliyetlerine ilişkin ekonomik ve teknik kararlarda tek başına sorumluluk alan birey olarak kadınların etkin olmadığı görülmüştür. Yiyecek, giyim ihtiyacının belirlenmesi, temizlik maddeleri ve ev eşyalarının satın alınması kararını kadınların verdiği saptanmıştır.

“Toplum tarımda çalışan kadınların emeğine saygı duyar” ifadesine kadınlar ortalama 3,20 oranında katılmaktadır. TRC2 (Şanlıurfa, Diyarbakır) bölgesinde kayıt dışı istihdam Türkiye ortalamasından yüksektir (Şahinli ve Şahbaz, 2013) Ayrıca bölgede kadınlar genellikle mülk sahibi olmadığından ve resmi olarak “çiftçi” görülmemesinden dolayı “kadın emeği” de görünür değildir (Öcal Kara, 2023).

“Tarımda çalışarak kazandığım gelirimle kişisel ihtiyaçlarımı karşılayabiliyorum” ifadesine kadınlar ortalama 3,6 ortalama ile katılmaktadır. Kadınların tarımdan kazandıkları gelirin büyük bölümünü aile reisine vermesi ile, aile bütçesine katkı sağladığı saptanmıştır. Kadınların giyim, kozmetik vb ihtiyaçlarını az da olsa kazandıkları gelirden karşılıyor olmasının da aileye ekonomik rahatlık sağladığı söylenebilir.

“Çalıştığım sürece çocuklarıma yeterince zaman ayırabiliyorum” ifadesine kadınlar pek katılmamaktadır (2,71). Hem bitkisel ve hayvansal üretimde yoğun çalışmaları dışında ev işi yükü de çocuklarına yeterince zaman ayıramamasına neden olmaktadır.

“Çocuklarının tarım sektöründe çalışmasını isterim” ifadesine kadınlar katılmamaktadır (2,31). Kadınların çoğunluğu, tarımda çocuklarının çalışmasını istememektedir. Kadınlar, tarımda çalışma şartlarının genel olarak zor olması ve gelecek görememeleri, çok düşük ücretlerle çalışılması, kadınların özellikle kendilerinin bunu deneyimlemeleri sebebiyle çocuklarının tarımda çalışmasını hiç istemediklerini başka mesleklere yönelmelerini istediklerini belirtmişlerdir.

“Tarım sektöründe çalışmaktan memnunum” ifadesine kadınlar katılmamaktadır (2,54). Kadınlar, genellikle tarım sektöründe çalışmaktan memnun değildir. Sosyal güvenliğin olmayışı, çalışma koşullarının zorluğu ve

ücretlerin düşük olması nedeniyle kadınlar tarımda çalışmaktan memnun olmadıklarını ifade etmişlerdir. Başka seçenekleri olmadığı için tarımda çalıştıklarını belirtmişlerdir.

“Tarımda çalışırken evimi özlüyorum” ifadesine kadınlar ortalama 3,46 ile katılmaktadır. Mevsimlik tarım işçisi olarak başka şehirlere gidenlerin, doğduğu ve yaşadığı ili ve yakın çevresini özlemesindeki en büyük sebebin gittiği illerdeki çalışma koşullarının güçlüğü, saygı görememeleri, dışlanma ve düşük ücret almaları olarak ifade edilmiştir. Bunun dışında genç kızların ve çocukların farklı yerler görmek isteği de bulunmaktadır.

“İş kazası durumunda gerekli sağlık hizmetine hemen ulaşabiliyorum” ifadesine kadınlar ortalama 3,41 ile katılmaktadır. Hem bölge içinde, hem de mevsimlik tarım işçiliğinde iş kazalarına zaman zaman rastlanılmaktadır. Tarım sektöründe çalışanlar, kimyasal zehirlenme, tarımdan kaynaklı trafik kazası, çeşitli hayvanlar tarafından zehirlenme, makine ile yaralanma, uygun olmayan şartlarda çalışma sonucu yaşanabilen bazı sağlık sorunları gibi birçok risk ve sorunla karşı karşıya kalmakta ve mücadele etmektedirler (Eren Yalçın ve ark., 2016).

“Tarımda çalışan kadınların sigortalı olması kadınların toplum tarafından görünür kılınmasına olumlu yönde etki yapar” ifadesine kadınlar ortalama 3,92 ortalama ile katılmaktadır. Kadınların büyük çoğunluğu, sigorta girişlerinin yapılmasının kadınların toplum tarafından daha görünür olmasını ve emeklerinin karşılığını somut olarak almalarını sağlayacağını belirtmişlerdir. Kadınların tarım sektöründe çalışırken yaşadıkları en büyük problemin sosyal güvencesiz olarak işgörmeleri olduğu ve bunun kendilerini önemli ölçüde olumsuz etkiledikleri gözlenmiştir.

“Tarım kooperatiflerine kadınların üye olmasını olumlu buluyorum” ifadesine kadınlar ortalama 3,79 ile katılmaktadır. Saha çalışmasında kadınların büyük çoğunluğunun örgütlenmeyle ilgili yeterli düzeyde farkındalıklarının olmadığı fark edilmesi üzerine, konu hakkında kısa bilgi verilip örgütlenmeyle ilgili sorular sorulmuştur. Bunun sonucunda; katılımcılar, tarım kooperatiflerine kadınların üye olmasını olumlu bulduğu ve tarımda kooperatifleşmeye olumlu baktığını belirtmişlerdir. Yanıtı olumsuz olan veya kararsız kalan kadınlar ise örgütlenmenin daha çok erkekler için uygun olduğunu düşünmektedir. Serinikli (2018) tarafından Edirne ilinde kadınların kooperatifleşmeye karşı tutumlarını araştırdığı bir çalışmada kadınların büyük bir bölümü (% 64,3) kooperatif düşüncesine katılmaktadır. Diğer % 35,7'si ise, aile reisinden izin alma sorunu ve ortak iş istememeleri sebebiyle sıcak bakmadıklarını belirtmiştir. Kadınların iş yükünün kırsal alanda ağır olması sebebiyle örgütlenme süreçlerinde katılım sınırlı olmakta, mülk üzerinde kullanım hakları olmadığı için kredilere erişme veya girişimcilik gibi temel insani haklardan mahrum kalmaktadırlar (Eroğlu, 2018).

“Tarımda çalışan erkekler kadınlardan daha yüksek yevmiye alıyor” ifadesine kadınların katılım ortalaması 3,62'dir. Kadınların büyük çoğunluğu, erkeklerin daha atik hareket etmesi, güçlü olması sebebiyle kendilerinden daha fazla yevmiye aldığını ifade etmişlerdir. Ne yazık ki “eşit işe eşit ücret ilkesi” bölge koşullarında her zaman uygulanmamaktadır. Toplumda kadının aile reisi olarak kabul görmemesi, ücret eşitsizliklerini de beslemektedir.

“Kırsalda örgün öğretim ve tarımsal yayım hizmetine erişim olanakları yeterlidir” ifadesine kadınlar 3,09 ortalama ile katılmaktadır. Örgün ve tarımsal eğitimin yeterli olmadığını düşünen kadınlar, özellikle de kız çocukları açısından eğitim imkanlarının yeterli olmadığını dile getirmiş, yalnızca kızlara özgü okulların olmasını istediklerini ve tarım eğitiminin ise olmadığını belirtmişlerdir. Karakaya (2018)’e göre, eğitim fırsatlarında erkek çocukları, her zaman kız çocuklarına göre daha önceliklidir. Bu nedenle kadınlar, erken çocukluk yıllarından itibaren bu ayrımcılığın nesnesi olmaktadır.

“Kadınların politikada yeteri derecede yer aldığını düşünüyorum” ifadesine kadınların katılma derecesi düşüktür (2,91). Görüşülen kadınların büyük bir bölümü, kadınların siyasette istenilen düzeyde yer alamadığını düşünmektedir. Muhtar ve belediye başkanlarının özellikle kadın olmasının kendilerini daha iyi anlayacağını, bunun eksikliğini yaşadıklarını ifade etmişlerdir.

“Tarımsal yayım faaliyetlerinden yeteri düzeyde faydalaniyorum” ifadesine kadınların katılma derecesi düşüktür (2,90). Bu ifadede kadınların kararsız olduğu görülmüştür. Bunun nedenlerinden birinin kadınların yüz yüze tarım danışmanlarıyla görüşme olanağının olmamasıdır. Özellikle Akçakale ve Harran ilçelerinde toplumun çoğunluğunun Arapça konuşması ve bu nedenle özellikle kadınların da Türkçe’yi az bilmesi, aynı şekilde tarım danışmanlarının da Arapça bilmemeleri sebebiyle karşılıklı olarak iletişim sorunu yaşadıkları, ancak merkez ilçeler ve Suruç’da böyle bir sorunun pek olmadığı gözlemlenmiştir. Öcal Kara (2007) tarafından Şanlıurfa’da yapılan çalışmada kadınların bölgenin kültürel yapısından dolayı tarımsal yayım faaliyetlerine katılımlarının az olduğu saptanmıştır. Bunun sebebi olarak, çoğunun ailelerinden izin alamaması veya katılmak istememeleri olduğu ifade edilmiştir.

Bölgede varlığını sürdüren aşiret düzeni, kadının üzerinde baskı oluşturarak toplumsal bakımdan sahip olabileceği hakları sınırlandırmakta ve kadını ikinci plana itmektedir. Şanlıurfa’da kadının varlığı genellikle bir erkekle tanımlanmakta ve erkek üzerinden tarif edilmekte ve tek başına bir birey olarak esamisi okunmamaktadır. Kadınlar, korunması gereken varlıklar olarak görüldüğünden erkekle eşit bir konumu yoktur. Kadınlar, aşirete ve erkeğe ekonomik, psikolojik ve toplumsal olarak bağlıdır. Bu ataerkil toplumun kadını ölçü ve değerleri ile baskı altında tutması, kadının cinsiyet rolünü kısıtlamaktadır. Bu olumsuz tutum, kadınların sosyal, eğitsel ve tarımsal yayım hizmetlerinden yararlanmasını olumsuz biçimde etkilemektedir (Öcal Kara, 2007).

“Maddi varlığa sahip olabiliyor ve mirastan pay alabiliyorum” ifadesine kadınlar katılmamaktadır (2,62). Bölgenin toplumsal koşullarında miras paylaşımında, cinsiyet ayrımı görülmekte ve bu ayrım özellikle kırsal alanda daha fazla görülmektedir. Yılmaz (2010) tarafından yapılan çalışmada, yerleşik yaşama geçişle erkeğin üremedeki rolünü pekiştirdiğini ve böylelikle mülkiyet anlayışının ortaya çıktığı ifade etmiştir. Ona göre mülkiyet anlayışının ortaya çıkması erkeğin, kendi mülkü olarak benimsediği yaşam alanını kendisine ve kendisinden olacak ve eşinden doğacak ancak yine kendisi gibi erkek çocuğa mal etmesi, kadını ötekileştiren bir yaşam sisteminin temellerini oluşturmaktadır. Gökçe ve ark

(2010) tarafından Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yapılan bir araştırma, kadın erkek arasındaki eşitsizliklerin yeniden üretilmesine yol açan miras konusunun başlangıç noktası ne olursa olsun, daha sonraki gelişmeler, ataerkil ideolojinin kadınlar tarafından da bir ölçüde de olsa sürdürülebildiğini göstermektedir. Görüşülen kadınlardan ¼’ünden daha azının doğrudan kendi adına ve kendi üzerine tapulu mülkünün bulunmuyor olması da bu yorumu destekler niteliktedir. Şanlıurfa ili kırsalında Sevinç ve ark., (2017) tarafından yapılan başka bir çalışmada, kadınların hem babalarından hem de eşlerinden miras alamadığı mirasın paylaşımında erkeklerin söz sahibi olduğu vurgulanmıştır. Erkekler; servetin oluşmasında babaları ile beraber kendilerinin çalıştığını, bu esnada kadınların evde oturduğunu, kadınlara zaten bakmakla yükümlü olduklarını, dolayısıyla bu yükümlülüğün kendilerine ek bir maliyet ve maddi sorumluluk getirdiğini bu yüzden miras paylaşımında kendi lehlerinde bir paylaşım biçiminin olması gerektiğine inanmaktadırlar. Bunu yaparken kendilerine din kurallarını, adetleri ve gelenekleri göstermektedirler. Kadınlarda ekonomik bağımlılık ve çaresizlik yüzünden bu görüşü ve sistemi desteklemekte ve çocuklarını da böyle yetiştirmektedirler. Zaten kadınlarında erkekler ile aynı fikirde olması ve sistemi desteklemesi, uygulamalarda değişimin yaşanmasını engellemekte ve zorlaştırmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bireyler yaşadıkları topluma karşı ters düşme korkusu nedeniyle içinde buldukları toplumun o cinsiyetten beklediği rolleri karşılamak için çaba harcar. Kırsal alanda da kadın emeğinin önemini anlayabilmek için ilk olarak içinde bulunulan bu yapı içerisinde toplumsal cinsiyet rollerine ilişkin toplumsal kodları doğru çözümlenebilmemiz gereklidir. Bölge kırsalında kadınlar, özellikle eğitim, mülkiyet ve kararlara katılım açısından dezavantajlı grubu oluşturmaktadır. Kadınlar geleneksel toplumsal cinsiyet rolleri nedeniyle fazla sorumluluklar üstlenmekte, buna karşın emeği görünmemektedir. Hem bitkisel hem hayvansal üretimde yoğun çalışan kadınların tarımsal bilgi kaynaklarına erişimi yok denecek kadar azdır. Bölgede varlığını sürdüren aşiret düzeni, kadının üzerinde baskı kurulmasına, toplumsal açıdan sahip olabileceği hakların sınırlandırılmasına, kadının ikinci plana itilmesine neden olmaktadır. Ataerkil toplumun kadını ölçü ve değerleri ile baskı altında tutması, kadının cinsiyet rolünü kısıtlamaktadır. Bu olumsuz tutum da, kadınların birçok hizmette olduğu gibi tarımsal yayım hizmetlerinden de faydalanmalarını olumsuz olarak etkilemektedir.

Kadın emeğinin görünmez olmasının normalleşmesi ve kabul görmesi kırsal alanda yapılacak çalışmaları ve kırsal kalkınma politikalarını da olumsuz etkilemektedir. Kadın emeğinin ekonomik olarak dikkate alınıp istatistiklere yansıtılması için bu yöndeki araştırma, proje ve yayım çalışmalarına ağırlık verilmesi, tüm iş kollarında ücret sistemleri cinsiyete dayalı farklılıklar bakımından yeniden düzenlenerek gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Kırsal alanda tarımsal örgütlenme, ataerkil sistemin bir sonucu olarak kadınların henüz gereksinim duymadığı ancak, günümüzde çok önemli ve güncel bir konudur. Bu nedenle kırsal alanda örgütlenme farkındalığı yaratılmalı

ve özendirilmelidir. Nitelikli örgütler sayesinde kadınlar, hem üretim, hem de pazarlama ağının içerisinde olabilecek, emeğinin görünürlüğü de artabilecektir.

Uzun vadede kırsal alanda toplumsal cinsiyet eşitsizliğini ortadan kaldırmak, sosyal dışlanmanın önüne geçebilmek için kadınların tarımsal yayım hizmeti ve diğer eğitim olanaklarından yararlanması için fırsat eşitliğinin sağlanması ancak kadına yapılacak hem toplumsal, hem de ekonomik yatırımlarla mümkün olabilir. Tarım ve Orman Bakanlığı, diğer ilgili bakanlık ve kurumlar, sivil toplum kuruluşları ve yerel yönetimler tarafından kırsal alana kadın odaklı hizmetlerin sayısı artırılmalı ve eşgüdümle hizmetler sunulmalıdır. Böylece kırsal alanda toplumsal değişimin öne açılabilir. Bu dönüşümün, sağlanabilmesi için kadınların toplumsal rollerine dair geleneksel bakış açısından çıkıp, kadının toplumsal konumunu güçlendirecek bakış açılarının yerleşmesi gerekmektedir. Toplumsal cinsiyet eşitliği konusunda yürütülen araştırmalar günümüzde artık ülke politikaları arasında yer almakta ve araştırmacılar yalnızca kadınlardan oluşmamaktadır. Cinsiyetler arasındaki eşitliğin yakalanması ve buna ilişkin çalışmalar kadınların salt siyasal, sosyal, ve ekonomik yaşamda var olmalarına ilişkin değil aynı zamanda ülkelerin kalkınması, siyasal ve sosyal açıdan güçlenmeleri için de en önemli hususlardan birini oluşturmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Burçin Yiğit'in hazırladığı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışma 21085 proje numarası ile Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Akıncı Çötök, N. (2015). Toplumsal Cinsiyet Rolü Dâhilinde Kadına Şiddet Olgusuna Karşı Kadın Algısı. *International Journal Of Social Sciences And Education Research*, 1 (3), 778-790.
- Aktaş, Y. (2007). Harran Ovası'nda Sulamanın Doğurduğu Sosyo Kültürel ve Çevresel Değişimlerin Tarımsal Yayım Açısından Çözümlemesi. Harran Üni. Bilimsel Araştırma Projeleri (Yayınlanmamış Proje Raporu), Proje No: 491, Şanlıurfa
- Alkan, H.I. (2019). Tarım Sektöründe Kadın Emeği. Çarşamba Ovası Gündoğdu ve Damlatış Köylerinde Fındık, Çeltik ve Sebze Üretimi Özelinde Bir İrdeleme. Ankara: Gazi Kitabevi
- Anonim, (2008). T.C. Başbakanlık Kadının Statüsü Genel Müdürlüğü. Başbakanlık Kadın Statüsü Genel Müdürlüğü, Toplumsal Cinsiyet Eşitliği, Kadına Yönelik Aile içi Şiddetle Mücadele Projesi: 15
- Atış, F. (2010). Ebelik/ Hemşirelik 1. ve 4. Sınıf Öğrencilerinin Toplumsal Cinsiyet Rollerine İlişkin Tutumlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Baş, L. (2019). Fındık Üretiminde Kadın Emeği: Fatsa Örneği (Master's Thesis, Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Ens. 137s.
- Bhasin, K. (2003). Toplumsal Cinsiyet "Bize Yüklenen Roller". Kadınlara Dayanışma Vakfı Yayınları, İstanbul
- Dökmen, Z. Y. (2004). Toplumsal Cinsiyet, Sosyal Psikolojik Açıklamalar. Sistem Yayıncılık, İstanbul
- Egelioglu Cetişli N, Top ED, & Işık G. 2017. Toplumsal Cinsiyet Eşitliği Dersini Alan Ve Almayan Üniversite Öğrencilerinin Toplumsal Cinsiyet Rollerine İlişkin Tutumları. *Florence Nightingale Hemşirelik Dergisi*. Jul 14;25(2):104.

- Eren Yalçın, G., Yazıcı, E., Öcal Kara, F., İpekçioglu, Ş., & Yalçın, M. (2016). Tarımda İş Kazaları ve Hastalıkları. XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 2049-2056. (Tam Metin Bildiri)
- Eroğlu, D. (2018). "Kırsal Alanda Toplumsal Cinsiyet İlişkileri" Sürdürülebilir Yaşam Penceresinden Yerel ve Kırsal Kalkınma Ed. G. Faik, B Murat. İstanbul: Özyeğin Üniversitesi Yayınları.45- 62.
- FAO, (2011). Women in Agriculture, Closing the Gender Gap For Development. FAO Publications, 2011 (ISSN 0081-4539), 7-115.
- Fazlıoğlu, A. (2002). Kadının Kırsal Kalkınmadaki Yeri: GAP Örneği. Türkiye V. Tarım Ekonomisi Kongresi, 18-20 Eylül, Erzurum, s.433-439
- Gökçe, B., Kasapoğlu, A., Çabuk Kaya, N., & Güler, Z. (2010). Bölgesel Kalkınmanın Can Suyu: GAP- Karşılaştırmalı Sosyal ve Ekonomik Yapı Araştırması. GAP BKİ ve Sosyoloji Derneği Yayını, Ankara, 419s.
- Güvenç, G., & Aktaş, V. (2006). Ergenlik Döneminde Yaş, Toplumsal Cinsiyet, Bireysel Ve İlişkisel Tutumlar, Benlik Değeri Ve Yaşam Becerilerine İlişkin Algı Arasındaki İlişkiler. *Türk Psikoloji Dergisi*, 21(57), 45-62.
- Hablemitoğlu, Ş. (1996). Kırsal Ailede Kadının İş Modelleri Ve Kararlara Katılımı. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara, 162s.
- Diñç Kahraman, S. (2010). Kadınların Toplumsal Cinsiyet Eşitsizliğine Yönelik Görüşlerinin Belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi* 3(1): 30-35.
- Kahraman Yüce L, Kahraman A, Ozansoy Tunçdemir N, Akıllı H, Kekillioğlu A., & Özcan A (2014). Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Toplumsal Cinsiyet Algısı Araştırması. *Turkish Studies (Elektronik)*, 9(2), 811 - 831.
- Kandiyoti, D. (1997). Cariyeler, Bacılar, Yurttaşlar, İstanbul: Metis Yayınları.
- Kaplan, N., & Tasa, H. (2022). Bireylerin Toplumsal Cinsiyet Rollerine İlişkin Tutumları İle Romantik Kıskaçlıkları Arasındaki İlişki. *Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 678-691.
- Karakaya, H . (2018). "Toplumsal Cinsiyet Algısı, Din Ve Kadın". *Journal of Analytic Divinity* 2/2 (June 2018): 36-62
- Kirman, M. A. (2011). Din Sosyolojisi Terimleri Sözlüğü, 2. baskı, İstanbul, Rağbet Yay
- Kutlar, İ., Kızılay, H., & Turhanogulları, Z. (2013). Kırsal alanda kadınların işgücüne ve kararlara katılımını etkileyen sosyo ekonomik faktörlerin belirlenmesi: Burdur ili örneği. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 26(1), 27-32.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, Vol. 22, ss. 5-55.
- Newbold, P., Carlstone, W. L. & Thome, B. M. (2012). *Statistics For Business and Economics*. London, England: Pearson Education.
- Ülker, E.U. (2013). Kırsal Alanda Kadın Girişimciliğine Etki Eden Faktörler ve Tekirdağ İlinde Mevcut Durumun Belirlenmesi. Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Öcal Kara, F., & Aktaş, Y., (2007). Şanlıurfa İli'nde Kadınların Tarımsal Yayım Çalışmasından Yararlanmasına Etki Eden Olumsuz Etkenler. *Tarım Ekonomisi Dergisi* 13 (2): 71-83.
- Ökten, Ş. (2009). Toplumsal Cinsiyet Ve İktidar: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Toplumsal Cinsiyet Düzeni. *Journal Of International Social Research*, 2(8).
- Özvarış, S. B. (2007). Türkiye'de kadın ve sağlık. *Sted Dergisi*, 16(3): 7-8.
- Özgün, Y., (2011)., Sosyalist Feminist Kolektif. 2011. "Ücretli Ücretsiz Emek Kıskaçında Kadın. Feminist Politika Özel Sayı Editör: Berrin Hatacıkoglu, 12-13 Kasım 2011 Bildiri Kitabı, 320 s.

- Semerci Özkan, S. K., & Sasman Kaylı, D. (2022). Kırsal Alanda Yaşayan Kadınların Söylemleri Üzerinden Kadınlık Kimliklerinin Kuruluşu- Manisa Örneği. *Sosyoloji Dergisi*, 43, 125-154.
- Serinikli, N. (2018). Edirne Toplum Merkezlerinden Hizmet Alan Yoksul Kadınların Ekonomik Olarak Güçlenmesinde Kooperatiflerin Önemi ve Kooperatifleşmeye Karşı Tutumları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (1), 161-182 .
- Sevinç, M.R., Kantar Davran, M., & Sevinç, G. (2017). Şanlıurfa'da Kırsal Kadınlar ve Miras Hakkı. *Türk & İslam Dünyası Sosyal Araştırmalar Dergisi* Yıl: 4, Sayı: 12, Eylül 2017, s. 240-251
- Şahinli, M.A., & Şahbaz, N. (2013). Tarımda Kadın İstihdamı: Sosyal Güvenlik Kurumuna Kayıtlılık Durumu *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2013(2), 85-103
- Vefikuluçay, D., Zeyneloğlu, S., Eroğlu, K., & Taşkın, L. (2007). Kafkas Üniversitesi Son Sınıf Öğrencilerinin Toplumsal Cinsiyet Rollerine İlişkin Bakış Açıları. *Hacettepe Üni. Hemşirelik Y.O. Dergisi*, 14(2): 12-27.
- Yılmaz, A. (2010), "Osmanlıdan Cumhuriyete: Kadın Kimliğinin Biçimlendirilmesi", *Çağdaş Türkiye Tarih Araştırmaları Dergisi*, IX(20-21):191-212.
- Yiğit, B., & Öcal Kara, F. (2023). "Tarımda Kadın Emeği: Şanlıurfa İli Örneği", *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, (Issn:2630-631X) 9(77): 5034-5041.
- Zeyneloğlu, S., & Terzioğlu, F. (2011). Toplumsal Cinsiyet Rollerini Tutum Ölçeğinin Geliştirilmesi ve Psikometrik Özellikleri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40: 409-420.



Effects of Wheat and Corn Gluten Used in Rat Diets on Liver Enzymes and Lipid Profile in Serum Tissue

Aybuke İmİK^{1,a,*}, Mazhar Burak Can^{2,b}, Dilek Şentürk Demirel^{3,c}

¹Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Konya 42130

²Hayvan Sağlığı Yetiştiriciliği ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü, Bayburt İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 69000

³Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, 21280, Diyarbakır

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 21.04.2024 Accepted : 01.06.2024</p> <p>Keywords: Gluten Liver enzyme Lipid profile Rat Nutrition</p>	<p>In this study, the effects of different protein sources added to rat diets on liver enzymes and lipid profile in serum tissues were investigated. Soybean meal, wheat and corn gluten were used as protein sources. The study was designed in three groups as Group I, Group II and Group III. A total of 24 male and 24 female Sprague Dawley rats, 8 males and 8 females in each group, were used in the study. Animals were fed with experimental diets for a total of 60 days, 30 days with their mothers after birth and 30 days after separation from their mothers. At the end of the study, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), alkaline phosphatase (ALP) and gamma-glutamyl transferase (GGT), creatine kinase (CK) to determine liver enzymes in serum tissue; triacylglycerol (TAG), diacylglycerol (DAG), monoacylglycerol (MAG), free fatty acid (SYA), cholesterol (Kol) and phospholipid (F1) analyses were performed to determine lipid profile. At the end of the study, there was no difference between the liver enzyme levels of female rats, while there was a significant difference between AST and ALP levels of male animals. AST levels of Group II were lower than Group I and Group III, while ALP levels of Group II and III were significantly higher than Group I. "De Ritis" levels (AST/ALT) of female rats were higher in Group I (2.42/1.84) and Group II (2.28/0.71), while male rats were higher in Group III (1.29/2.71). In the study, the free fatty acid ratio in Group I of female rats was significantly lower than that in Group II ($p<0.05$) and similar to Group III. At the end of the study, it was determined that different protein sources significantly affected ALP and AST ratios of male rats, De Ritis levels of male and female rats and SYA ratio of female rats.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1886-1893, 2024

Rat Diyetlerinde Kullanılan Buğday ve Mısır Gluteninin Serum Dokusunda Karaciğer Enzimleri ve Lipit Profili Üzerine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 21.04.2024 Kabul : 01.06.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Gluten Karaciğer enzim Lipit profil Rat Beslenme</p>	<p>Bu çalışmada, rat diyetlerine katılan farklı protein kaynaklarının serum dokularında karaciğer enzimleri ve lipit profili üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırmada protein kaynağı olarak soya küspesi, buğday ve mısır gluteni kullanıldı. Araştırma Grup I, Grup II ve Grup III olarak üç grup şeklinde dizayn edildi. Araştırmada her grupta 8 adet erkek ve 8 adet dişi olmak üzere toplam 24 adet erkek, 24 adet dişi Sprague Dawley cinsi rat kullanıldı. Araştırmada hayvanlar doğumdan itibaren anneleri ile birlikte 30 gün, annelerinden ayrıldıktan sonra da 30 gün olmak üzere toplam 60 gün deneme yemleri ile beslendi. Çalışmanın sonunda serum dokusunda karaciğer enzimlerini belirlemek amacıyla alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST), alkalik fosfataz (ALP) ve gama-glutamil transferaz (GGT), kreatin kinaz (CK); lipit profilini belirlemek için triaçilgliserol (TAG), diaçilgliserol (DAG), monoaçilgliserol (MAG), serbest yağ asidi (SYA), kolesterol (Kol) ve fosfolipit (F1) analizleri yapıldı. Çalışmanın sonunda dişi ratların karaciğer enzimleri seviyeleri arasında fark bulunmazken, erkek hayvanların AST ve ALP seviyeleri arasında önemli fark olduğu tespit edildi. Grup II'nin AST oranı Grup I ve Grup III'den düşük, Grup II ve III'ün ALP oranı ise Grup I'den önemli derecede yüksek bulundu. Çalışmada dişi ratların "De Ritis" seviyeleri (AST/ALT) Grup I (2,42/ 1,84) ve Grup II'de (2,28/0,71); erkek ratlarda ise Grup III'de (1,29/2,71) yüksek tespit edildi. Çalışmada dişi ratların Grup I'inde serbest yağ asit oranı Grup II'den önemli derecede düşük ($p<0,05$), Grup III ile benzer bulundu. Çalışmanın sonunda farklı protein kaynaklarının erkek ratların ALP ve AST oranlarını, dişi ve erkek ratların De Ritis seviyelerini ve dişi ratların ise SYA oranını önemli oranlarda etkiledikleri tespit edildi.</p>

^a aybukeimik@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0003-4697-812X>

^c drmazharburakcan@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5248-1369>

^c senturk@dicle.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-4142-2632>



Giriş

Beslemenin metabolizma üzerine etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle beslenme stratejileri sağlıklı, uzun ve kaliteli bir yaşam sürdürülebilmesi için temel etkidir. Diyetle yer alan besinlerin oranları kadar kimyasal bileşenleri de sağlıklı bir metabolik sürecin devamlılığı için önemlidir.

Mısır gluteninin yüksek sindirilebilir enerji ve protein içeriğine sahip olması, büyüme performansını artırması ve sindirilebilirlik düzeyine olan olumlu katkısı nedeniyle hayvan yemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Block ve ark., 2005; Rojas ve ark., 2013). Diğer yandan çiftlik hayvanlarına yönelik yem formülasyonlarında, büyüme ve gelişim için gerekli besinleri sağlayan değerli bir bileşendir. Buğday tanelerinde yer alan ve karmaşık bir protein karışımı olan buğday gluteni, çeşitli sağlık koşullarındaki etkileri nedeniyle ilgi çeken bir konu olmuştur. Buğday çeşitlerindeki gluten proteinlerinin genetik çeşitliliği çölyak hastalığının yaygınlığı ile ilişkilendirmiştir (Van den Broeck ve ark., 2010). Hayvan beslemede soya fasulyesi proteini ise esansiyel amino asit içeriği nedeniyle buğday ve mısır glutenlerinden daha değerli kabul edilir (İmik ve ark., 2023; Can ve ark., 2024). Yüksek protein içeriğine ve sindirilme özelliğine rağmen, buğday gluteni diğer bitkisel protein kaynaklarına kıyasla elverişsiz bir amino asit profiline sahiptir ve bu da onu bazı hayvanlar için daha az ideal hale getirir (Urrego ve ark., 2021). Buğday gluteni alımı hayvan modellerinde kilo alımı ve adipozite ile ilişkilendirilmiştir, bu da gluten tüketimi ve metabolik etkiler arasında potansiyel bir bağlantı olduğunu düşündürmektedir (Freire ve ark., 2015).

Glutenlerin HLA-DQ2 ve DQ8 geni taşıyan bireylerde birçok farklı sağlık problemlerine neden olduğu bilinmektedir. Gluten hasarlı hücrelerde yıkıma yol açarak interlökin-15 ekspresyonunu artırır, artmış olan interlökin-15 ekspresyonu intraepitelyal lenfositleri aktive etmektedir. Değişen geçirgenlik durumu sonucunda gliadin lamina propriada doku transglutaminazı tarafından deamine olarak antijen sunan hücrelerin yüzeyindeki HLA-DQ2 veya HLA-DQ8 ile etkileşime geçer. Gliadin T hücre reseptörü aracılığı ile CD-4 T hücrelerine sunulur sitokin salınımına neden olarak doku hasarına neden olur (Herrera ve ark., 2009). Gluten metabolizmasında meydana gelen bozukluklar, çölyak hastalığı başta olmak üzere otoimmün, buğdaya karşı IgE aracılı alerjik ve çölyak dışı gluten duyarlılığı olarak farklı şekillerde sınıflandırılmasına neden olur (Cabanillas, 2020). Çölyak hastalığı, HLA-DQ2 ve DQ8 geni taşıyan insanlarda glutenin vücuda alınması sonucu ince bağırsak enteropatisi ile karakterize, malabsorbsiyon ve immün aktivasyonda sistemik belirtilerin görüldüğü bir hastalık olup genel nüfusun yaklaşık %1'ini etkilemektedir ve kadınlarda görülme sıklığı daha yüksektir (Caio ve ark., 2019; Lebwohl & Rubio-Tapia, 2021). Hastalığın patogenezinde oluşan etkiler başta bağırsak dokusu olmak üzere diğer dokularda da görülmektedir (Iversen & Sollid, 2023). Yapılan çalışmalarda çölyak hastalığının tespitinde HLA-DQ2 ve DQ8-transgenik hayvanların bağırsak dokusu ve çeşitli dokularında histopatolojik bulguların desteklenmesi ve immunohistokimyasal parametrelerin analizi için

kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Marietta ve ark., 2011; Marietta & Murray, 2012).

Diğer taraftan bu geni taşımayan canlılarda ise çok şiddetli olmasa da çeşitli sorunlara neden olduğu bildirilmektedir (İmik ve ark., 2024). Sağlıklı ratların diyetlerinde kullanılan mısır gluteni, buğday gluteni ve soya küspesinin bağırsak dokusunda histopatolojik parametreleri (viloz atrofi, lenfosit plazma nötrofil ve kript hiperplazisi) değişik oranlarda etkilediği belirlenmiştir (Gümüş ve ark., 2021; Gümüş ve ark., 2024; İmik ve ark., 2024). Yine aynı çalışmalarda immünolojik mekanizmayı ifade eden transglutaminaz, gliadin, IgA, IgG, CD4, CD8 parametrelerini değişik oranlarda etkiledikleri ifade edilmiştir (Gümüş ve ark., 2021; Gümüş ve ark., 2024; İmik ve ark., 2024). Diğer taraftan İmik ve ark. (2023) mısır ve buğday glutenin bağırsak ve ovaryum dokusunda histopatolojik ve immunokimyasal parametreleri ile lipit profili üzerine etkisinin değişken olduğunu bildirmişlerdir.

Karaciğer enzimlerin ve yapısal proteinlerin sentezi, detoksifikasyon, ve metabolik işlevlere katkıda bulunur (Veličković ve ark., 2011). Klinik uygulamada sıklıkla ölçülen yaygın karaciğer enzimleri arasında alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST), alkalın fosfataz (ALP) ve gama-glutamil transferaz (GGT) bulunur. Bu enzimler siroz ve fibroz gibi karaciğer hastalıklarının teşhisi, ciddiyetinin izlenmesi ve prognozunun değerlendirilmesi için gerekli olan hayati biyobelirteçlerdir (Nallagangula ve ark., 2018). Karaciğer enzimlerindeki değişiklikler aynı zamanda ilaca bağlı karaciğer hasarı, oksidatif stres ve diyabet gibi metabolik hastalıklarla da ilişkilendirilmiştir (Wang ve ark., 2021; Hsieh ve ark., 2019; Park ve ark., 2013). Ek olarak aminotransferaz olarak nitelendirilen alanin aminotransferaz (ALT) ve aspartat aminotransferaz (AST) enzimleri karaciğer fonksiyon anormallikleri olan hastalarda seviyeleri yükseldiğinden karaciğer hasarının önemli göstergeleridir (Chen ve ark., 2022). Enzim seviyelerindeki anormallikler altta yatan karaciğer rahatsızlıklarına işaret edebilir. Hastalar için en uygun tedavi prosedürünü belirlemek için karaciğer enzim sonuçlarını diğer klinik bulgularla birlikte yorumlamak önemlidir.

Beslenmenin metabolizmaya olan etkisinin belirlenmesinde kullanılan en etkin yollarından biri serum dokusundaki parametrelerin incelenmesi gelmektedir. Bu çalışmada dişi ve erkek ratların diyetine katılan buğday gluteni, mısır gluteni ve soya küspesinin serum dokusundaki karaciğer enzimleri ve lipit profili üzerine metabolik etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

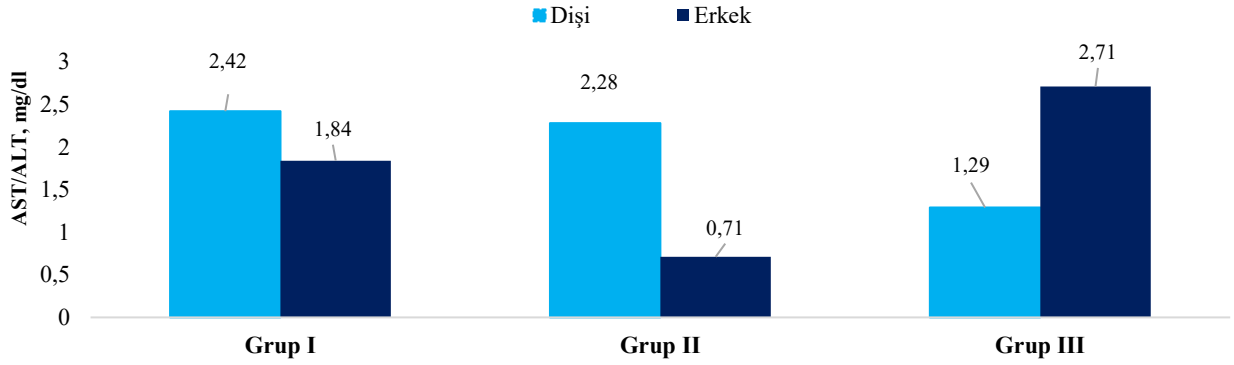
Etik Kurul, Deney Hayvanları ve Gruplar

Çalışmada Atatürk Üniversitesi Tıbbi Deneysel Araştırma Merkezinde üretilen 24 adet dişi ve 24 adet erkek olmak üzere toplam 48 adet Sprague Dawley cinsi rat kullanıldı. Hayvanların beslenmesinde izonitrojenik ve izokalorik olarak eşit oranda besin maddesi kapsayacak şekilde yem bileşimi düzenlendi.

Çizelge 1. Ratlarda farklı protein kaynaklarını içeren konsantre yemlerin bileşimi, %.

Table 1. Composition of concentrate feeds containing different protein sources in rats, %.

Yem Ham Maddeleri, %	Gruplar		
	Grup I	Grup II	Grup III
Buğday Kepeği	3,24	1,8	3,50
Yulaf, %11 HP	62,11	68	64,00
Ayçiçeği Küspesi, %28 HP	6	13	13
Mısır Gluteni, %62 HP	-	-	17
Buğday Gluteni, %75 HP	-	24,85	-
Soya Küspesi, %51 HP	24,85	-	-
Hayvansal Yağ	2,8	2,2	1,5
Vitamin-Mineral Karması	1,00	1,00	1,00
Yemin Besin Değerleri			
Ham Protein,%	22,0	22,0	22,0
Metabolik Enerji, kkal/kg	2.598	2.599	2.657
Kalsiyum%	0,14	0,15	0,11
Metionin+Sistein,%	0,68	0,66	0,83
Lizin,%	1,15	1,17	0,63



Şekil 1. Çalışmada kullanılan dişi ve erkek ratlarda farklı protein kaynaklarının De Ritis oranına etkileri.
Figure 1. Effects of different protein sources on De Ritis rate in male and female rats used in the study.

Çalışmada protein kaynağı olarak rasyon içerisinde Grup I’de soya küspesi, Grup II’de buğday gluteni ve Grup III’de ise mısır gluteni katıldı (Çizelge 1). Hayvanlar doğumlarından ortalama 30 günlük yaşa kadar anneleri, 30-60 günlük yaş aralığında ise annelerinden ayrılarak deneme yemleri ile beslendi.

Bu çalışmada kullanılan hayvanların beslenmesi Atatürk Üniversitesi Deneysel Araştırma ve Uygulama Merkezinde, biyokimyasal analizler ise Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı laboratuvarında gerçekleştirildi. Çalışmamızın etik kurul izin belgesi Atatürk Üniversitesine Rektörlüğü, Veteriner Fakültesi Birim Etik Kurulu’nun 27.12.2023 tarih ve 2023/55 sayılı kararı uyarınca onaylandı.

Biyokimyasal Analizler

Biyokimyasal parametrelerin saptanabilmesi için alınan kan örnekleri tüplere aktarılarak 15 dk oda ısısında bekletildikten sonra 3000 devirde 10 dk santrifüj edilerek serumlarına ayrıldı. Elde edilen serum örnekleri 2 mL’lik eppendorf tüplerine alınarak analiz işlemleri gerçekleştirilene kadar -80°C’de saklandı. Plazma triaçilgliserol, diaçilgliserol, monoaçilgliserol, serbest yağ asidi, kolesterol, fosfolipid, aspartat transaminaz (AST), alanin transaminaz (ALT), alkalin fosfataz (ALP), kreatin kinaz (CK) ve laktat dehidrogenaz (LDH) aktiviteleri (düzey) ticari test kitleri (TML, Tam Medikal, Ankara, Türkiye)

kullanılarak Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya laboratuvarında spektrofotometrik yöntemle otoanalizörde (Beckman AU500) ölçüldü.

İstatistiksel Analizler

Elde edilen veriler SPSS 15.0 istatistik paket programı kullanılarak değerlendirildi. Parametreler ile ilgili verilerin analizinde istatistiksel farklılığın olup olmadığını saptamak için tek yönlü ANOVA testi, gruplar arasında farklılığı saptamak için ise Duncan testi uygulandı. Sonuçlar “ortalama± standart hata” olarak verilip, istatistiksel anlamlılık düzeyi P<0,05 olarak belirlendi.

Bulgular ve Tartışma

Grupların serum karaciğer enzim parametreleri ve lipid profillerinin istatistiksel analiz değerlendirmeleri sırasıyla Şekil 1, Çizelge 1 ve 2’de gösterilmiştir. Dişi ratlarda AST, ALT, ALP, CK ve LDH enzim düzeylerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı (P>0,05). Erkek ratlarda ise AST enzim düzeyinin Grup I ve Grup III’de benzer olduğu ancak Grup II’ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı gözlemlendi (P<0,01). ALP enzim düzeyi ise erkek ratlarda Grup II ve III’de benzer olduğu ve Grup I ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu görüldü (P<0,05).

Çizelge 2. Rasyona eklenen farklı protein kaynaklarının karaciğer enzim parametreleri üzerine etkisi.

Table 2. Effects of different protein sources added to the diet on liver enzyme parameters.

Cinsiyet	Parametreler	Gruplar			P değeri
		Grup I	Grup II	Grup III	
Dişi	AST	482,000±40,200	450,000±40,299	424,000±31,401	0,565
	ALT	199,000±61,188	197,000±33,407	329,000±59,110	0,171
	ALP	222,200±44,339	204,200±34,913	193,400±7,461	0,825
	CK	112,800±30,538	138,000±46,771	213,000±30,619	0,177
	LDH	563,800±19,363	525,200±21,493	511,200±24,318	0,250
Erkek	AST	432,000±38,936 ^a	226,000±32,924 ^b	390,000±34,843 ^a	0,004
	ALT	235,000±33,853	319,000±72,966	144,250±67,864	0,178
	ALP	233,200±30,704 ^b	318,000±16,398 ^a	324,600±17,011 ^a	0,024
	CK	131,250±59,927	194,000±31,334	138,000±46,771	0,624
	LDH	492,400±27,367	475,000±33,963	567,200±40,728	0,175

Bütün değerler ortalama±standart hata olarak verilmiştir (n=8). ^{a, b}: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir (P<0,05). AST: aspartat transaminaz, ALT: alanin transaminaz, ALP: alkalen fosfataz, CK: Kreatin Kinaz, LDH: Laktat dehidrogenaz.

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan ratların serum örneklerinin yağ asidi profilleri.

Table 3. Fatty acid profiles of serum samples of rats used in the study.

Cinsiyet	Gruplar	MAG	DAG	TAG	SYA	F1	Kol
Dişi	Grup I	6,532±0,709	7,578±0,769	45,416±2,497	22,808±2,030 ^a	11,868±1,460	5,800±0,354
	Grup II	6,344±0,821	6,980±0,977	49,934±3,301	16,974±1,379 ^b	14,130±1,461	5,642±0,381
	Grup III	5,896±0,461	6,296±0,696	49,802±2,005	19,540±0,572 ^{ab}	12,186±1,042	6,278±0,498
	P değeri	0,798	0,560	0,419	0,046	0,455	0,547
Erkek	Grup I	5,846±0,200	7,446±0,549	49,994±1,601	17,074±2,284	13,632±2,420	6,606±0,522
	Grup II	6,236±0,633	7,366±0,716	53,224±3,017	15,398±1,492	12,068±1,053	5,704±0,503
	Grup III	6,316±0,523	6,186±0,323	51,178±2,286	16,026±1,853	13,542±1,201	6,750±0,508
	P değeri	0,771	0,237	0,634	0,823	0,764	0,326

Bütün değerler ortalama±standart hata olarak verilmiştir (n=8). ^{a, b}: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir (P<0,05). TAG: Triaçilgliserol, SYA: Serbest yağ asidi, Kol: Kolesterol, DAG: Diaçilgliserol, MAG: Monoaçilgliserol, F1: Fosfolipit

Dişi ve erkek ratlarda TAG, KOL, DAG, MAG ve F1 düzeylerinde gruplar arasında istatistiksel yönden anlamlı değişiklikler belirlenmedi (P>0.05). Dişi ratlarda serbest yağ asidi seviyesi istatistiksel olarak en düşük Grup II'de, en yüksek ise Grup I'de tespit edildi (P<0.05). Ancak dişi ratların aksine erkek ratlarda serbest yağ asidi seviyesinde anlamlı bir farklılık saptanmadı (P>0.05).

Birçok metabolik faaliyetin gerçekleştiği ve hayati fonksiyonlara sahip olan karaciğer dokusu yaşam için büyük önem taşımaktadır. Karaciğer glikojen depolama, eritrosit üretimi, protein ve plazma sentezi, detoksifikasyon ile hormon ve enzim üretimi gibi fonksiyonlara sahiptir. Birçok karaciğer enzimi hepatositlerde yapıldıktan sonra depo edilerek buradan salınmakta ve vücut hasarı durumunda kana karışmaktadır. Bazı hastalıklarda ve toksik madde alımı sonrasında karaciğer fonksiyonunu gösteren enzim seviyelerindeki artış, karaciğerin normal veya anormal durumu hakkında bilgi vererek hastalığın tahmini ve yorumlanmasına yardımcı olur. Kas hasarı ve metabolik bozukluklarda AST, ALT ve GGT enzimlerinin kandaki seviyelerindeki artış hasarın boyutunu göstermesi açısından önemlidir (Kalas ve ark., 2021). Bu nedenle karaciğer enzimleri karaciğer fonksiyonu ve sağlığının önemli göstergeleridir.

Aminotransferaz karbonhidrat ve nitrojen metabolizmasında amino ve ketoasitlerin birbirine dönüşümünde rol alır. ALT sitozolik enzim olup karaciğer, böbrek ve iskelet kasında yer alır. AST ise hem sitozolik hem de mitokondriyal izoenzim olup karaciğer, akciğer, çizgili kaslar, beyin, pankreas ve kan hücrelerinde bulunur (Kasarala & Tillmann, 2016). Bazı araştırmacılar karaciğer hücre hasarının önemli bir belirteci olan aminotransferaz

düzeyinin sağlıklı bireylerde 30-40 U/L'nin altında olduğu ancak cinsiyet ve vücut kitle indeksine bağlı olarak bu değerler değişebileceğini ifade etmişlerdir (Prati ve ark., 2002; Kim & Wu 2020). Aminotransferaz artışı şiddetine göre 3'e ayrılmakta olup ciddi derecede yükseklik normal değerlerin 15 katından fazla, orta derecede yükseklik normal değerlerin 5-15 kat arasında ve hafif derecede yükseklik normal değerlerin 5 katından daha az yükseklik olarak değerlendirilmektedir (Green & Flamm, 2002). Hafif derecede aminotransferaz yüksekliği karaciğer kaynaklı olarak ALT değerinin baskın olduğu durumda steatoz, akut viral hepatitler, alfa-1-antitripsin eksikliği, Wilson ve Çölyak hastalıklarına; AST değeri baskın ise alkole bağlı karaciğer hastalığı, steatoz ve siroz hastalığına neden olabilir. Ciddi derecede aminotransferaz yüksekliğinde akut viral hepatit, iskemik hepatit, otoimmün hepatit ve Wilson hastalığına neden olduğu ifade edilmiştir (Akçam, 2016). Karaciğere bağlı şekillenen faktörler dışında hemoliz, miyopati, aşırı egzersiz ve tiroid hastalıkları da yükselmeye neden olabilir (Khatrı ve ark., 2021; Scappaticcio ve ark., 2021). ALT ve AST gibi aminotransferazlar, beslenme müdahaleleri uygulanan veya karaciğer sorunlarıyla karşı karşıya kalan hayvanlarda yaygın olarak izlenir (Dąbrowska ve ark., 2022). Bu enzimler karaciğer fonksiyonunu yansıtır ve hayvanın beslenme durumu, diyet bileşimi gibi faktörlerden etkilenebilir (Dąbrowska ve ark., 2022). Araştırmalar aminotransferaz seviyeleri ile farklı sağlık parametreleri arasında korelasyonlar olduğunu göstermiştir. Yüksek aminotransferaz seviyeleri karaciğer fonksiyon bozuklukları, metabolik bozukluklar ve alkolik olmayan yağlı karaciğer hastalığı (NAFLD) gibi

durumlarla ilişkilendirilmiştir (Engelmann ve ark., 2014; Chung ve ark., 2023). Dahası, aminotransferaz seviyeleri karaciğer sağlığının ötesinde çeşitli bağlamlarda araştırılmıştır. Örneğin, tip 2 diabetes mellitus hastalarında ALT ve AST dahil olmak üzere karaciğer enzimlerinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Chung ve ark., 2023). Broyler diyetlerine katılan Resveratrol ve Kurkimin ekstraktlarının kullanıldığı çalışmada ALT, AST, ALP ve GGT seviyelerinde gruplar arası önemli bir farklılık olmadığı ifade edilmiştir (Gümüş & Özbilgin, 2022). Bu çalışmada dişi ratların diyetlerinde farklı protein kaynaklarının kullanımının AST ve ALT düzeylerine etkisinin olmadığı ancak soya küspesi ve mısır gluteni tüketen erkek ratların olduğu gruplarda AST düzeyinin anlamlı derecede arttığı görüldü ($P < 0.05$). Sonuçlar diyette buğday ve mısır gluteninin yer almasının karaciğerde hücre hasarı ve hücre zarı bütünlüğünün bozulmasına bağlı olarak enzimlerin kana karıştığına göstergesi olarak kabul edilebilir.

Karaciğer enzimlerinin seviyesinin belirlenmesinde transamilazların oranı "De Ritis" katsayısı olarak ifade edilerek hastalıkların tanısında da kullanılmaktadır. İlk kez 1957 yılında Fernando De Ritis tarafından tanımlanarak serum düzeyinde AST'nin ALT seviyesine bölünmesi ile hesaplanmıştır (Botros & Sikaris, 2013). Kandaki yüksek AST ve ALT seviyeleri karaciğer hasarına veya hastalığına işaret edebilir. AST karaciğer, kalp, kaslar ve böbrekler de dâhil olmak üzere vücudun çeşitli dokularında bulunurken, ALT esas olarak karaciğerde bulunur. Bu nedenle De Ritis oranı, karaciğerin yüksek karaciğer enzimlerinin birincil kaynağı olup olmadığını belirlemeye yardımcı olabilir. De Ritis katsayısının 1'den küçük olması akut karaciğer hastalıkları, kolestatik sarılık, hepatit C hastalığını (Torkadi ve ark., 2014; Bakır ve ark., 2021) düşündürürken 1'den büyük olması ise siroz ve alkolik hepatitin göstergesidir (Rigopoulou ve ark., 2021; Sharma, 2022). De Ritis katsayısı hastanın yaşayabileceği spesifik karaciğer hastalığı hakkında bilgi edinilmesini, tedavi ve yönetim stratejilerinin oluşturulmasını sağlar. Parmar ve ark. (2016) karaciğer hastalığı bulunan 102 kişinin incelenen kayıtlarında De Ritis oranının alkole bağlı karaciğer ve alkol dışı yağlı karaciğer (NAFLD) bozukluklarında anlamlı derecede arttığını ifade etmişlerdir. Mo ve ark., (2022) hepatoselüler karsinomlu hastalarda yaptıkları çalışmada, De Ritis oranının 2'den büyük olmasının ölüm riski artışıyla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada diyette buğday gluteni yer alan ratlarda De Ritis oranının dişilerde 2'den büyük olmasına rağmen erkeklerde 1'den düşük olduğu görüldü. Diğer yandan diyette mısır gluteni bulunduğunda De Ritis oranının dişilerde 2'den düşük, erkeklerde ise 2'den büyük olduğu tespit edildi.

İskelet ve kalp kası hasarının tespit edilebilmesi yönünde yapılan çalışmalarda başta kreatin kinaz (CK) ve alt izoformları olmak üzere miyoglobin, AST, laktat dehidrojenaz (LDH), beyin natriüretik peptid (BNP), atrial natriüretik peptid (ANP), karbonik anhidraz, troponin ve kas yapı proteinleri yaygın olarak kullanılan yapılardır. CK, hayvanlarda çeşitli fizyolojik süreçlerde yer alan önemli bir enzimdir. Ancak CK, kas hasarı veya stres durumlarında kana sızabilir ve bu nedenle kan testlerinde yüksek seviyelerde tespit edilebilir. CK'nın yüksek seviyeleri kas ağrısı, güçsüzlük, kas hasarı ve rabdomiyoliz

gibi durumların bir işareti olabilir (Koçer ve ark., 2016). Ayrıca CK seviyeleri egzersize bağlı iskelet ve kalp kası hasarı gibi durumların belirlenmesinde de kullanılabilir (Hazar, 2004; Şahin ve ark., 2014). Araştırmalar CK düzeylerinin farklı faktörlerden ve koşullardan etkilenebileceğini göstermiştir. İskelet kasının sarkomaya dönüşümü üzerine yapılan bir çalışmada kreatin, fosfokreatin ve kreatin kinaz izoformlarının seviyelerinin malignitenin ilerlemesiyle birlikte azaldığı, sarkom gelişiminin son aşamasında ise çok düşük seviyelere ulaştığı bildirilmiştir (Patra ve ark. 2008). İskelet kasında oluşan tahribatı değerlendirmek için kullanılan bir diğer enzim ise laktat dehidrojenaz (LDH)'dir. LDH hem hayvanlarda hem de insanlarda bulunan ve çeşitli metabolik süreçlerde önemli bir rol oynayan çok önemli bir enzimdir. Bu enzim hücrelerde laktatın piruvata dönüşümünde rol oynar. Bunun yanı sıra LDH seviyeleri hematolojik hastalıkların, böbrek fonksiyon bozukluklarının ve diğer tıbbi durumların değerlendirilmesinde önemli bir parametre olarak kabul edilir (Töret ve ark., 2019). Krom (IV)'a maruz kalan ratlarda görülen yüksek LDH seviyesi karaciğer hasarına işaret eden hepatotoksik etkilerle ilişkilendirilmiştir (Soudani ve ark., 2011). Ayrıca Mitra ve ark. (2019) melatoninin ratlarda kadmiyum tarafından indüklenen oksidatif hasara karşı koruyucu etkilerini araştırdıkları çalışmada karaciğerde LDH aktivitesinde artış gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar, LDH'in karaciğerdeki rolü ve potansiyel etkileri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Ancak yaptığımız çalışmada erkek ve dişi ratlarda farklı protein kaynakları (buğday gluteni, mısır gluteni ve soya küspesi) ile beslenmenin CK ve LDH düzeylerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı görüldü.

Karaciğer lipidlerinin metabolik fonksiyonları, vücuttaki lipid dengesinin sağlanması ve enerji üretimi için kritik öneme sahiptir (Lyu ve ark., 2022). Lipid metabolizmasındaki bozulmalar hepatik steatoz gibi durumları tetikleyebilir ve karaciğer hastalıklarının gelişmesine neden olabilir (Lu & Hooi, 2017). Bu nedenle lipid metabolizmasının düzenlenmesi ve karaciğerdeki lipid homeostazının korunması genel sağlık için çok önemlidir. Johny ve ark. (2020) Atlantik somonlarında yaptıkları bir çalışmada diyete eklenen buğday gluteninin beslenme stresine neden olduğu, bağırsak ve karaciğer sağlığını olumsuz yönde etkileyerek insanlardaki gluten hassasiyetine benzer semptomlara yol açabileceğini bildirmişlerdir. Avrupa levreklerinde diyette balık unu yerine %40 oranında buğday gluteni kullanıldığında triaçilgliserol düzeyi fosfolipit ve kolesterol düzeylerinde önemli derecede azaldığını, %30 oranında kullanıldığında ise fosfolipit düzeyinde artış olmasına karşılık triaçilgliserol ve kolesterol düzeyinde azalma görüldüğü bildirilmiştir (Messina ve ark., 2013). Romarheim ve ark. (2008) gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) diyette yer alan balık ununun %50 oranında soya küspesiyle değiştirilmesinin plazma kolesterol ve triaçilgliserol seviyelerini azalttığı ifade edilmiştir. Ratlarda diyette buğday gluteninin lipid metabolizmaya etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada toplam lipid, fosfolipid, kolesterol ve trigliserit seviyelerinin ölçümleri sonucunda lipitlerin sentezlenmesinde konusunda daha yüksek hepatik kapasiteye sahip olduklarını ifade etmişlerdir (Mokady & Einav, 1978). Gümüş ve ark.

(2022) ratlarda yaptıkları çalışmada diyetle mısır gluteninin serum kolesterol ve HDL düzeyini önemli ölçüde azaltırken buğday gluteninin trigliserit ve VLDL seviyelerini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir. Bu çalışmada buğday gluteni ile beslenen dişi ratlarda serbest yağ asitleri seviyesini anlamlı derecede düşük bulunması diyetle kullanılan buğday ve mısır gluteninin ratlarda lipid profilini kısmen etkilediğinin göstergesi olarak ifade edilebilir.

Dişi ratların diyetine protein kaynağı olarak katılan soya küspesi, mısır ve buğday gluteninin karaciğer enzim seviyelerine etkisinin benzer olduğu görülürken, erkek ratlarda AST ve ALP oranlarını önemli derecede etkilediği görülmüştür. Dişi ve erkek ratların "De Ritis" seviyelerinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Dişi ratların De Ritis seviyesi Grup II ve III'de yüksek bulunurken, erkek ratlarda Grup III'de daha yüksek bulunmuştur. Erkek ratlarda benzer serum lipid seviyeleri gözlenmesine rağmen dişi ratlarda serbest yağ asidi profilinin önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan diyetle yer alan protein profilinin karaciğer enzim ve lipid profili üzerine etkisinin sınırlı olduğu, ancak De Ritis seviyelerinin cinsiyete göre değiştiği belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular diyet ile ilgili yapılacak çalışmalarda cinsiyetin göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir.

Kaynaklar

- Akçam, M. (2016). Transaminaz yüksekliği olan çocuklarda klinik yaklaşım. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 22(Çocuk Özel Sayısı), 26-33.
- Bakır, A., Güney, M., Erdal, H., Yavuz, Ö., Günal, A., Gülşen, M., & Yavuz, M. T. (2021). Assessment of the performances of hepatitis C virus viral markers, age-platelet index and aspartate aminotransferase to alanine aminotransferase ratio scores, in predicting liver histopathology. *Turkish Journal of Internal Medicine*, 3(1), 6-12. <https://doi.org/10.46310/tjim.825814>
- Block, H. C., Macken, C., Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E., & Stock, R. (2005). Optimal wet corn gluten and protein levels in steam-flaked corn-based finishing diets for steer calves. *Journal of Animal Science*, 83(12), 2798-2805. <https://doi.org/10.2527/2005.83122798x>
- Botros, M., & Sikaris, K. A. (2013). The de ritis ratio: the test of time. *The Clinical Biochemist Reviews*, 34(3), 117.
- Cabanillas, B. (2020). Gluten-related disorders: Celiac disease, wheat allergy, and nonceliac gluten sensitivity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(15), 2606-2621. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1651689>
- Caio, G., Volta, U., Sapone, A., Leffler, D. A., De Giorgio, R., Catassi, C., & Fasano, A. (2019). Celiac disease: a comprehensive current review. *BMC Medicine*, 17, 1-20. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1380-z>
- Can M.B., İmik H., Kapakin Terim K.A. (2024). Effects of wheat and corn gluten on growth performance, histopathologic and autoimmune metabolism of entero-hepatic tissue in lambs. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, (In Press).
- Chen, W., Wang, W., Zhou, L., Zhou, J., He, L., Li, J., Xu, X., Wang, J., & Wang, L. (2022). Elevated AST/ALT ratio is associated with all-cause mortality and cancer incident. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 36(5), e24356. <https://doi.org/10.1002/jcla.24356>
- Chung, J., Acharya, D., Singh, J. K., & Sakong, J. (2023). Association of blood mercury level with liver enzymes in Korean adults: an analysis of 2015–2017 Korean national environmental health survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3290. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043290>
- Dąbrowska, K., Zaczek, Z., Zlotogórska, K., Majewska, K., Kaczanowska, J., & Sobocki, J. (2022). Activity of aminotransferases as a marker of liver injury in home parenteral nutrition patients. *Clinical and Experimental Hepatology*, 8(2), 132-138. <https://doi.org/10.5114/ceh.2022.115124>
- Engelmann, G., Hoffmann, G. F., Grulich-Henn, J., & Teufel, U. (2014). Alanine aminotransferase elevation in obese infants and children: a marker of early onset non alcoholic fatty liver disease. *Hepatitis Monthly*, 14(4). <https://doi.org/10.5812/hepatmon.14112>
- Freire, R., Fernandes, L., Silva, R. B., Coelho, B. S., Araújo, L., Ribeiro, L. S., Andrade, J. M. O., Lima, P. M. A., Araújo, R. S., Santos, S. H. S., Coimbra, C. C., Cardoso, V. N., & Alvarez-Leite, J. I. (2015). Wheat gluten intake increases weight gain and adiposity associated with reduced thermogenesis and energy expenditure in an animal model of obesity. *International Journal of Obesity*, 40(3), 479-486. <https://doi.org/10.1038/ijo.2015.204>
- Gümüş, R., Ercan, N., & İmik, H. (2022). Ratlarda Rasyona Katılan Glütenerin Serum Lipid Profili Üzerine Etkisi. *Laboratuvar Hayvanları Bilimi ve Uygulamaları Dergisi*, 2(1), 72-77.
- Gümüş, R., & Özbilgin, A. (2022). Effects of Resveratrol and Curcumin Extracts Added to Broiler Diet on Biochemical Parameters and Liver Enzymes in Serum. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(3), 434-439. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i3.434-439.5041>
- Gümüş, R., Terim Kapakin, K. A., Manavoğlu Kirman, E., Bolat, İ., İmik, A., & Ercan N. (2024). The effect of adding wheat and corn gluten to the diet of rats on the autoimmune and histopathological parameters in the intestine and liver. *Rev. Cient. FCV-LUZ*, 34(1):9. [rcfcv-e34351](https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i3.434-439.5041).
- Gümüş, R., Uslu, S., Aydoğdu, U., İmik, A., & Ekici, M. (2021). Investigation of the effects of glutens on serum interleukin-1 beta and tumor necrosis factor-alpha levels and the immunohistochemical distribution of CD3 and CD8 receptors in the small intestine in male rats. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64, e21210256. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021210256>
- Green, R. M., & Flamm, S. (2002). AGA technical review on the evaluation of liver chemistry tests. *Gastroenterology*, 123(4), 1367-1384. <https://doi.org/10.1053/gast.2002.36061>
- Hazar, S. (2004). Egzersize bağlı iskelet ve kalp kasi hasari. Ankara Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu. *Sportmetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 119-126. https://doi.org/10.1501/sporm_0000000141
- Herrera, M. J., Hermoso, M. A., & Quera, R. (2009). An update on the pathogenesis of celiac disease. *Revista Medica de Chile*, 137(12), 1617-1626.
- Hsieh, A., Adelstein, S., McLennan, S. V., Williams, P. F., Chua, E. L., & Twigg, S. M. (2019). Liver enzyme profile and progression in association with thyroid autoimmunity in graves' disease. *Endocrinology, Diabetes & Amp; Metabolism*, 2(4). <https://doi.org/10.1002/edm2.86>
- Iversen, R., & Sollid, L. M. (2023). The immunobiology and pathogenesis of celiac disease. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, 18, 47-70. <https://doi.org/10.1146/annurev-pathmechdis-031521-032634>

- Johny, A., Berge, G. M., Borgevik, A. S., Krasnov, A., Ruyter, B., Fæste, C. K., & Østbye, T. K. (2020). Sensitivity to dietary wheat gluten in atlantic salmon indicated by gene expression changes in liver and intestine. *Genes*, 11(11), 1339. <https://doi.org/10.3390/genes11111339>
- İmik, A., Gezer, C., & Terim Kapakin, K. A. (2024). Investigation of the Effect of Wheat and Corn Gluten on Inflammation, Transglutaminase, Gliadin and Ig A Levels in Healthy Rat Intestines. *Veterinary Sciences and Practices*. AUJVS-2023-49-190, In Press
- İmik, H., Kapakin, K. A. T., Karabulutlu, Ö., Gümüş, R., Çomaklı, S., & Özkaraca, M. (2023). The Effects of Dietary Wheat and Corn Glutens on the Histopathological and Immunohistochemical Structure of the Ovarian Tissue and Serum and Ovarian Tissue LH and FSH Levels and Lipid Profiles in Rats. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66: e23210726. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023210726>
- Kalas, M. A., Chavez, L., Leon, M., Taweeseed, P. T., & Surani, S. (2021). Abnormal liver enzymes: A review for clinicians. *World Journal of Hepatology*, 13(11), 1688. <https://doi.org/10.4254/wjh.v13.i11.1688>
- Kasarala, G., & Tillmann, H. L. (2016). Standard liver tests. *Clinical Liver Disease*, 8(1), 13-18. <https://doi.org/10.1002/clid.562>
- Khatri, P., Neupane, A., Sapkota, S. R., Bashyal, B., Sharma, D., Chhetri, A., Chirag, K. C., Banjade, A., Sapkota, P., & Bhandari, S. (2021). Strenuous exercise-induced tremendously elevated transaminases levels in a healthy adult: A diagnostic dilemma. *Case Reports in Hepatology*, Article ID 6653266. <https://doi.org/10.1155/2021/6653266>
- Kim, J. V., & Wu, G. Y. (2020). Body building and aminotransferase elevations: a review. *Journal of Clinical and Translational Hepatology*, 8(2), 161. <https://doi.org/10.14218/JCTH.2020.00005>
- Koçer, M., Avcı, A., & Satar, S. (2016). Rabdomiyoliz. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(23783), 586-607. <https://doi.org/10.17827/aktd.253567>
- Lebwohl, B., & Rubio-Tapia, A. (2021). Epidemiology, presentation, and diagnosis of celiac disease. *Gastroenterology*, 160(1), 63-75. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2020.06.098>
- Lu, G., & Hooi, S. C. (2017). Lipid metabolism in liver cancer. Updates in Liver Cancer, 49-67. <https://dx.doi.org/10.5772/64993>
- Lyu, W., Xiang, Y., Wang, X., Li, J., Yang, C., Yang, H., & Xiao, Y. (2022). Differentially expressed hepatic genes revealed by transcriptomics in pigs with different liver lipid contents. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2022/2315575>
- Marietta, E. V., David, C. S., & Murray, J. A. (2011). Important lessons derived from animal models of celiac disease. *International Reviews of Immunology*, 30(4), 197-206. <https://doi.org/10.3109/08830185.2011.598978>
- Marietta, E. V., & Murray, J. A. (2012). Animal models to study gluten sensitivity. *Seminars in Immunopathology*, 34(4), 497-511. <https://doi.org/10.1007/s00281-012-0315-y>
- Messina, M., Piccolo, G., Tulli, F., Messina, C. M., Cardinaletti, G., & Tibaldi, E. (2013). Lipid composition and metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed diets containing wheat gluten and legume meals as substitutes for fish meal. *Aquaculture*, 376, 6-14. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.11.005>
- Mitra, E., Bhattacharjee, B., Pal, P. K., Ghosh, A. K., Mishra, S., Chattopadhyay, A., & Bandyopadhyay, D. (2019). Melatonin protects against cadmium-induced oxidative damage in different tissues of rat: a mechanistic insight. *Melatonin Research*, 2(2), 1-21. <https://doi.org/10.32794/mr11250018>
- Mo, Q., Liu, Y., Zhou, Z., Li, R., Gong, W., Xiang, B., Tang, W., & Yu, H. (2022). Prognostic value of aspartate transaminase/alanine transaminase ratio in patients with hepatitis b virus-related hepatocellular carcinoma undergoing hepatectomy. *Frontiers in Oncology*, 12, 876900. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.876900>
- Mokady, S., & Einav, P. (1978). Effect of dietary wheat gluten on lipid metabolism in growing rats. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 22(3), 181-189. <https://doi.org/10.1159/000176214>
- Nallagangula, K. S., Nagaraj, S. K., Lakshmaiah, V., & Muninarayana, C. (2018). Liver fibrosis: a compilation on the biomarkers status and their significance during disease progression. *Future Science OA*, 4(1), FSO250. <https://doi.org/10.4155/fsoa-2017-0083>
- Park, T. J., Hwang, J., Go, M. J., Lee, H., Jang, H. B., Choi, Y., Kang, J. H., Park, K. H., Choi, M., Song, J., Kim, B., & Lee, J. (2013). Genome-wide association study of liver enzymes in Korean children. *Genomics Inform*, 11(3), 149. <https://doi.org/10.5808/gi.2013.11.3.149>
- Parmar, K. S., Singh, G. K., Gupta, G. P., Pathak, T., & Nayak, S. (2016). Evaluation of De Ritis ratio in liver-associated diseases. *International Journal of Medical Science and Public Health*, 5(9), 1783. <https://doi.org/10.5455/ijmsph.2016.24122015322>
- Patra, S., Bera, S., Roy, S. S., Ghoshal, S., Ray, S., Basu, A., Schlattner, U., Wallimann, T., & Ray, M. (2008). Progressive decrease of phosphocreatine, creatine and creatine kinase in skeletal muscle upon transformation to sarcoma. *The FEBS Journal*, 275(12), 3236-3247. <https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2008.06475.x>
- Prati, D., Taioli, E., Zanella, A., Torre, E. D., Butelli, S., Del Vecchio, E., Vianello, L., Zanuso, F., Mozzi, F., Milani, S., Conte, D., Colombo, M., & Sirchia, G. (2002). Updated definitions of healthy ranges for serum alanine aminotransferase levels. *Annals of Internal Medicine*, 137(1), 1-10. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-137-1-200207020-00006>
- Rigopoulou, E. I., Gatselis, N., Arvaniti, P., Koukoulis, G. K., & Dalekos, G. N. (2021). Alcoholic liver disease and autoimmune hepatitis: Sometimes a closer look under the surface is needed. *European Journal of Internal Medicine*, 85, 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2020.12.024>
- Rojas, O. J., Liu, Y. Y., & Stein, H. (2013). Phosphorus digestibility and concentration of digestible and metabolizable energy in corn, corn coproducts, and bakery meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 91(11), 5326-5335. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6324>
- Romarheim, O. H., Skrede, A., Penn, M., Mydland, L. T., Krogdahl, Å., & Storebakken, T. (2008). Lipid digestibility, bile drainage and development of morphological intestinal changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing defatted soybean meal. *Aquaculture*, 274(2-4), 329-338. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.11.035>
- Scappaticcio, L., Longo, M., Maiorino, M. I., Pernice, V., Caruso, P., Esposito, K., & Bellastella, G. (2021). Abnormal liver blood tests in patients with hyperthyroidism: systematic review and meta-analysis. *Thyroid*, 31(6), 884-894. <https://doi.org/10.1089/thy.2020.0715>
- Sharma, P. (2022). Value of liver function tests in cirrhosis. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*, 12(3), 948-964. <https://doi.org/10.1016/j.jceh.2021.11.004>
- Soudani, N., Bouaziz, H., Sefi, M., Chtourou, Y., Boudawara, T., & Zeghal, N. (2011). Toxic effects of chromium (vi) by maternal ingestion on liver function of female rats and their suckling pups. *Environmental Toxicology*, 28(1), 11-20. <https://doi.org/10.1002/tox.20692>

- Şahin, H. H. K., Yavsan, M., Toker, A., Tasyurek, E., Tosun, M., Teke, T., Uzun, K., & Dülger, H. (2014). The assessment of effects of noninvasive mechanical ventilation application on markers of muscle injury and ischemia. *European Journal of Basic Medical Sciences*, 4(2), 29-36. <https://doi.org/10.15197/sabad.2.4.06>
- Toret, E., Kar, Y. D., Turhan, A. B., Özdemir, Z. C., & Özcan, B. Ö. R. (2020). Çocukluk Çağı Akut Lösemilerinin Tanı ve Laboratuvar Özellikleri. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 42(3), 296-300. <https://doi.org/10.20515/otd.540255>
- Torkadi, P. P., Apte, I. C., & Bhute, A. K. (2014). Biochemical evaluation of patients of alcoholic liver disease and non-alcoholic liver disease. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 29, 79-83. <https://doi.org/10.1007/s12291-013-0310-7>
- Urrego, M. I. G., Pedreira, R. S., Santos, K. d. M., Ernandes, M. C., Santos, J. P. F., Vendramini, T. H. A., Eberlin, M. N., Balieiro, J. C. d. C., Pontieri, C. F. F., & Brunetto, M. A. (2021). Dietary protein sources and their effects on faecal odour and the composition of volatile organic compounds in faeces of french bulldogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(S1), 65-75. <https://doi.org/10.1111/jpn.13605>
- Van den Broeck, H. C., de Jong, H. C., Salentijn, E. M., Dekking, L., Bosch, D., Hamer, R. J., Gilissen J. W. J., Van der Meer, M., & Smulders, M. J. (2010). Presence of celiac disease epitopes in modern and old hexaploid wheat varieties: wheat breeding may have contributed to increased prevalence of celiac disease. *Theoretical and Applied Genetics*, 121, 1527-1539. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1408-4>
- Veličković, D., Milenković, S., & Stojanović, D. (2011). Enzymochemical and biochemical changes in the liver of rats induced by furfural. *Acta Medica Medianae*, 50(2), 34-38. <https://doi.org/10.5633/amm.2011.0206>
- Wang, S., Xu, Q., Qu, K., Wang, J., & Zhou, Z. (2021). Cyp1a2 polymorphism may contribute to agomelatine-induced acute liver injury. *Medicine*, 100(45), e27736. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000027736>



Determination of Cobalt Pollution Levels in Agricultural Soils Near Residential Areas in Ankara

Zeynep Rana Demircan Ölmez^{1,a}, İnci Sevinç Kravkaz Kuşçu^{2,b,*}

¹Tarım ve Orman Bakanlığı

²Orman Mühendisi, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi, Kastamonu, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 14.06.2024 Accepted : 03.08.2024</p> <p>Keywords: Heavy metal Cobalt Agriculture Soil Ankara</p>	<p>Today, the increase in urbanization and the expansion of urban centers have led to the intertwining of industrial areas, residential areas and agricultural areas in many city centers. This situation causes agricultural soils to be significantly affected by anthropogenic pollution sources. Pollution of these soils poses a risk to human health when products consumed as food are grown. Therefore, these soils should be controlled for pollution. In this study, the change in the concentration of cobalt (Co), one of the most dangerous and harmful heavy metals for human and environmental health, was evaluated in soil samples taken from 20 different sampling stations at three different soil depths in agricultural soils within the borders of Yenimahalle District of Ankara Province. As a result of the study, it was determined that Co concentrations were quite high especially in locations close to industry and highways.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1894-1899, 2024

Ankara'da Yerleşim Alanlarına Yakın Tarım Topraklarında Kobalt Kirlilik Düzeylerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 14.06.2024 Kabul : 03.08.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Ağır metal Kobalt Tarım Toprak Ankara</p>	<p>Günümüzde şehirleşmenin artması ve şehir merkezlerinin genişlemesi, birçok kent merkezinde sanayi alanları, yerleşim alanları ve tarım alanlarının iç içe geçmesine sebep olmuştur. Bu durum tarım topraklarının antropojenik kirlilik kaynaklarından önemli ölçüde etkilenmesine sebep olmaktadır. Bu toprakların kirlenmesi, gıda olarak tüketilen ürünler yetiştirildiğinde insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Bundan dolayı bu topraklar kirlilik yönünden kontrol edilmelidir. Bu çalışmada da Ankara İli Yenimahalle İlçesi sınırları içerisinde yer alan tarım topraklarında 20 farklı örnekleme istasyonundan, üç farklı toprak derinliğinden alınan topraklar numunelerinde, insan ve çevre sağlığı açısından en tehlikeli ve zararlı ağır metallere olan kobalt (Co) konsantrasyonunun değişimi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ortalama Co konsantrasyonunun 0-15 cm derinlikteki topraklarda 14556,8 ppb, 15-30 cm derinliklerdeki topraklarda 15273,4 ppb ve 30-45 cm derinlikteki topraklarda 14761,1 ppb düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Lokasyon bazında en düşük değer 7348,3 ppb ile L1 lokasyonunda (yerleşim alanında açık alanda) belirlenirken en yüksek değer 23609,1 ppb ile L8 lokasyonunda (yerleşim alanında, sanayi bölgesine yakın açık alanda) elde edilmiştir.</p>

^a rndemircan@gmail.com

^{ib} <https://orcid.org/0000-0003-0005-540X>

^b ikravkaz@kastamonu.edu.tr

^{ib} <https://orcid.org/0000-0001-8519-4681>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Günümüzde tarım yapılan topraklar büyük önem taşımaktadır. Çünkü küresel ölçekte en önemli problemlerden birisi gıda yetersizliğidir. Günümüzde 830 milyon civarında insanın kronik açlık çektiği, gıdaya olan talebin karşılanabilmesi için gıda arzının son 35 yılda 2 katına çıkartıldığı, önümüzdeki 15 yılda bu arzda 2 kat daha artış olacağı tahmin edilmektedir (Dölekoğlu ve Yurdakul, 2004). Buna karşın tarım alanları giderek azalmaktadır. Dolayısıyla mevcut tarım topraklarının efektif kullanımı bir zorunluluktur.

Dünya nüfusunun hızla artışı ile beraber insanların istek ve ihtiyaçları da aynı oranda artmaktadır. Bu süreçte sanayi faaliyetleri, dünyanın demografik yapısının değişmesine sebep olarak kentleşme sorununu ortaya çıkarttığı gibi (Kaplan ve ark., 2023; Dogan ve ark., 2023), sanayi faaliyetleri veya ürünlerinde ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanması amacıyla fosil yakıtların kullanımı da küresel iklim değişikliğine sebep olmaktadır (Varol ve ark., 2022; Özel ve ark., 2024). Böylece son yüzyılda dünya gündemine giren bu iki sorun, bugün geri döndürülemez küresel sorunlar haline gelmiştir (Bayraktar ve ark., 2022; Arıca ve ark., 2024). Dünya gündemindeki bir diğer küresel sorun da çevre kirliliğidir (Memiş ve ark., 2018; Gur ve ark., 2024).

Yine sanayi faaliyetleri ile ilişkilendirilen çevre kirliliği büyük oranda antropojeniktir (Ozel ve ark., 2024). İnsan kaynaklı kirlenmeler, kısa sürede fazla miktarda kirleticinin ortama salınması sebebiyle geniş alanların kirlenmesine sebep olmaktadır. Endüstriyel faaliyetler, madencilik faaliyetleri, kentsel kirlenme veya taşıtların egzoz dumanlarından kaynaklanan kirlilikler başlıca insan kaynaklı kirlenmelerdir. Dünyanın atmosferi son 30 ile 40 yıl içinde antropogenik kaynaklı çeşitli kirleticilerin atmosfere yayılmasına sebep olmuş ve atmosferin kalitesi insan sağlığını tehdit edecek seviyede bozulmuştur (Shahid ve ark., 2017; Çobanoğlu ve ark., 2023; Şevik ve ark., 2024). Öyle ki dünya genelinde her yıl yaklaşık 7 milyon insanın hava kirliliği sebebiyle hayatını kaybettiği rapor edilmiştir (Savas ve ark., 2021).

Hava kirliliği ile birlikte su ve toprakta antropojenik kaynaklı olarak hızla kirlenmektedir. Özellikle sanayi faaliyetlerinde hammadde olarak kullanılan elementlerin yeraltındaki rezervlerden çıkartılarak ortama salınması hava (Isinkaralar ve ark., 2023) ile birlikte toprak (Istanbullu ve ark., 2023) ve suyun (Şimşek ve Mutlu, 2023; Mutlu ve ark., 2023; Tokatli ve ark., 2024) hızla kirlenmesine sebep olmaktadır. Üstelik bu elementlerin birçoğu ağır metallerdir. Ağır metal kirliliği insan ve çevre sağlığı açısından diğer kirlilik türlerine göre çok daha tehlikeli ve zararlıdır. Çünkü ağır metaller doğada kolay kolay yok olmazlar, biyobirikme eğilimindedirler ve bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik, kanserojen ve ölümcül etkilere sahiptir (Koç ve ark., 2024). Yapılan çalışmalar ağır metallerin tamamına yakınının belirli bir miktarın üzerinde alındığında toksik etki oluşturduğunu göstermektedir (Yayla ve ark., 2022). Civa (Hg), Kadmiyum (Cd), Arsenik (As) ve Kurşun (Pb) gibi bazı ağır metaller ise yaşayan organizmalar için düşük konsantrasyonlarda dahi ciddi toksisite oluşturabilmektedirler (Arıca ve ark., 2019).

Ağır metaller içerisinde en zararlılarından birisi kobalt (Co) dır. Orta gerilim elektrik, patlatma ve kobalt metal madenciliğinde kullanılan kobalt cevheri insan sağlığına zararlı etkilere yol açmaktadır. Küresel coğrafi bağlamda, orta gerilim elektrik üretimi, küresel ısınmaya en büyük katkıyı yapan unsurdur (Farjana ve ark., 2019). Co iyonlarının potansiyel sızıntısı, katalitik aktiviteyi azaltabilir ve ikincil su kirliliğine neden olarak ekolojik güvenliği ve insan sağlığını tehdit edebilir (Wang ve ark., 2022).

Özellikle kentsel alanlar, sanayi alanları ve taşıt trafiğinin fazla olduğu alanlarda ağır metal kirliliği de yüksek seviyededir. Kentleşme ile birlikte yerleşim alanları ile tarım alanları hemen hemen bütün şehirlerde iç içe geçmiş durumdadır (Şen ve ark., 2018). Bu durum tarım alanlarının da ağır metallerce kirlenmesine sebep olmaktadır. Bu durum, gıda amaçlı üretim yapılan tarım alanlarında büyük bir risk unsurudur. Çünkü bitki gelişimi her şeyden önce genetik yapı ile birlikte çevresel faktörlere bağlı olarak şekillenir (Sevik ve ark., 2017; Yucedag ve ark., 2019). Çevresel faktörler içerisinde toprak, bitki gelişimini şekillendiren en önemli faktörlerdendir. Ayrıca topraktaki ağır metaller bitki bünyesinde biriktirilmekte ve bu bitkileri gıda olarak tüketen insanlarda önemli sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin yüksek olduğu düşünülen alanların yakınındaki tarım topraklarında ağır metal kirliliğinin düzeyinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada da yerleşim alanları, sanayi alanlar ve otoyolların arasında kalan tarım alanlarının sıkça bulunduğu Ankara İli Yenimahalle ilçesi sınırlarında yer alan bazı tarım topraklarında en tehlikeli ağır metallere olan kobalt (Co) konsantrasyonlarının bölgesel bazda ve toprak derinliğine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece insan ve diğer canlıların sağlığı açısından büyük tehdit oluşturabilen Co elementinin, gıda amaçlı bitkisel üretim yapılan tarım topraklarında, sanayi, trafik veya kentsel alanların etkisi ile hangi düzeyde kirliliğe sebep olabileceği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Toprak örnekleri Ankara ili Yenimahalle İlçesindeki tarım topraklarından alınmıştır. Toprak örneklerinin alındığı noktalar Şekil 1'de verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı alan yaklaşık olarak 39°59'54"-40°00'59" kuzey enlemleri ile 32°46'06"-32°44'51" dopu boylamları arasında yer almaktadır. Örneklerin alındığı bölgenin eğimi genel olarak düz veya düze yakın (%0-5 eğimli) olup bundan dolayı hakim bir bakı etkisi görülmemektedir. Alanın ortalama rakımı 950 m civarındadır. İklim olarak karasal iklim tipinin etkisi görülmektedir. Çalışmanın yapıldığı alandaki topraklarda genellikle buğday tarımı yapılmakta olup örneklerin alındığı yıl da yine topraklarda buğday yetiştirilmiş ve hasat yapılmıştır. Bu topraklarda her yıl N, P ve K elemntlerini içeren gübreler kullanılmaktadır.



Şekil 1. Toprak örneklerinin alındığı noktalar
Figure 1. Points where soil samples were collected

Örneklerin alındığı lokasyonlar belirlenirken, sanayi bölgesine, yollara, orman alana ve yerleşim alanlarına mesafeleri göz önüne alınmıştır. Lokasyonların genel özellikleri şu şekildedir:

- L1; yerleşim alanında, açık alanda
- L2; yerleşim alanında, açık alanda
- L3; yerleşim alanında, açık alan sınırında, anayoldan uzak
- L4; ara yolun kenarında ve sanayi bölgesinden uzak
- L5; ana yol kenarında ve sanayi bölgesine yakın
- L6; ara yol kenarında ve sanayi bölgesine yakın
- L7; ara yol kenarında ve sanayi bölgesine yakın
- L8; yerleşim alanında, açık alanda ve sanayi bölgesine yakını
- L9; ana yolun kenarına yakın
- L10; ara yolun kenarına yakın
- L11; sanayi bölgesinden uzak ve ormanlık alanın yakını
- L12; sanayi bölgesine yakın
- L13; ana yolun kenarına yakın, sanayiye bölgesine uzak
- L14; sanayi bölgesinden uzak
- L15; sanayi bölgesinden uzak
- L16; sanayi bölgesinden uzak, arayolun kenarı
- L17; sanayi bölgesinden ve ana yoldan uzak
- L18; sanayi bölgesinden uzak ve ormanlık alanın yakını
- L19; sanayi bölgesinden ve ana yoldan uzak
- L20; sanayi bölgesinden ve ana yoldan uzak

Çalışmaya konu toprak örnekleri Temmuz ayı içerisinde, yukarıda belirtilen noktalardan üç farklı toprak derinliğinden alınmıştır. Toprak örnekleri toprağın üst yüzeyinden (0-15 cm derinlikten), toprağın orta derinliğinden (15-30 cm derinlikten) ve toprağın alt derinliğinden (30-45 cm derinlikten) alınmıştır. Böylece çalışmada toplam 60 adet toprak numunesi analiz edilmiştir. Toprak numuneleri alındıktan sonra etiketlenerek poşetlere konulmuş ve analiz için laboratuvara götürülmüştür.

Toprak örnekleri laboratuvarında öncelikle sınıflandırılmış, temiz bir ortamda 2-3 gün süresince

kurutma kağıtları üzerine serilerek kurutma işlemine tabii tutulmuştur. Örnekler daha sonra 50 °C de etüvde 15 gün kurutulmuş (İstanbullu ve ark., 2023; Erdem ve ark., 2024) ve 2 mm elekten geçirilmiştir. Elenen topraklarda Co analizleri ICP-OES (GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Melbourne, Australia) cihazı yardımıyla yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem son yıllarda topraklardaki ağır metal analizleri için sıklıkla kullanılmaktadır (İstanbullu ve ark., 2023; Erdem ve ark., 2024). Analizler sonucu elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiş verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır.

Bulgular

Kobalt (Co) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışmaya konu olan Co konsantrasyonlarının lokasyona ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimine ilişkin ortalama değerler ile istatistiki analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1 değerleri incelendiğinde, bütün lokasyonlarda toprak derinliği ve bütün toprak derinliklerinde de lokasyon bazında Co konsantrasyonunun değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,05$) olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre, üst topraklarda en düşük değerler 7029,6 ppb ile L1 ve 9836,2 ppb ile L4 lokasyonlarında elde edilmiştir. Bu iki lokasyon da hem sanayi bölgesine hem de anayollara uzak lokasyonlardır. En yüksek Co konsantrasyonları ise 26201,8 ppb ile L16, 21684,4 ppb ile L8 ve 20786,7 ppb ile L10 lokasyonlarında elde edilmiştir. Bu lokasyonlardan L8 sanayi bölgesine yakındır. Diğer iki lokasyon ise arayolun kenarıdır.

Orta derinlikteki topraklarda en düşük değerler 7183,6 ppb ile L1 ve 10785,7 ppb ile L3 lokasyonlarında elde edilmiş olup her iki lokasyon da sanayi bölgesi ve anayola uzaktır. En yüksek Co değerleri ise 25723,1 ppb ile L12, 22657,7 ppb ile L9, ve 22296,8 ppb ile L8 lokasyonlarında elde edilmiştir. Bu lokasyonlardan L8 ve L12 sanayi bölgesine, L9 ise anayola yakın lokasyonlardır.

Çizelge 1. Co konsantrasyonlarının lokasyon ve toprak derinliğine bağlı değişimi

Table 1. Variation of Co concentrations depending on location and soil depth

Lokasyon	Derinlik			F Değeri	Ortalama
	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm		
L1	7029,6 ^{aA}	7183,6 ^{aA}	7831,8 ^{aB}	25,5*	7348,3 ^a
L2	12171,7 ^{fA}	13700,4 ^{hB}	16675,2 ^{mC}	142,0***	14182,4 ^{de}
L3	11520,6 ^{dC}	10785,7 ^{bB}	10567,1 ^{dA}	163,7***	10957,8 ^b
L4	9836,2 ^{bA}	12054,5 ^{dB}	12123,2 ^{hB}	427,4***	11338,0 ^b
L5	11762,1 ^{eB}	13153,8 ^{fgC}	10171,7 ^{cA}	1981,4***	11695,9 ^{bcd}
L6	14320,2 ^{kC}	12884,4 ^{efB}	9497,7 ^{bA}	7155,0***	12234,1 ^{bcd}
L7	18506,6 ^{oA}	18913,8 ^{lA}	20948,7 ^{nB}	103,1***	19456,3 ^{fg}
L8	21684,4 ^{rA}	22296,8 ^{nB}	26846,2 ^{rC}	1440,3***	23609,1 ^h
L9	15950,5 ^{nA}	22657,7 ^{oC}	21556,4 ^{pB}	2681,6***	20054,8 ^{fg}
L10	20786,7 ^{pA}	21103,4 ^{mB}	21574,5 ^{pC}	49,7***	21154,9 ^g
L11	14934,1 ^C	11550,4 ^{cA}	11857,2 ^{gB}	2392,5***	12780,6 ^{bcd}
L12	12977,6 ^{gA}	25723,1 ^{pC}	21303,0 ^{oB}	4885,6***	20001,2 ^{fg}
L13	15713,6 ^{mB}	17483,4 ^{kC}	12025,7 ^{ghA}	1947,3***	15074,2 ^e
L14	14099,9 ^{iC}	12112,8 ^{dB}	11425,6 ^{fA}	91,1***	12546,1 ^{bcd}
L15	13281,3 ^{hB}	12676,0 ^{eA}	14596,0 ^{kC}	367,3***	13517,8 ^{bcd}
L16	26201,8 ^{sC}	16128,7 ^{jB}	12433,6 ^{lA}	32865,1***	18254,7 ^f
L17	13293,8 ^{hA}	13258,7 ^{gA}	13548,7 ^{jB}	94,8***	13367,1 ^{bcd}
L18	13713,3 ^{iA}	14774,7 ^{iB}	13632,3 ^{iA}	96,5***	14040,1 ^{cde}
L19	12956,6 ^{gA}	13893,9 ^{hB}	15545,0 ^{lC}	4251,7***	14131,8 ^{de}
L20	10394,9 ^{eA}	13131,6 ^{fgC}	11062,8 ^{eB}	703,2***	11529,8 ^{bc}
F Değeri	4504,2***	2521,1***	4150,3***		27,7***
Ortalama	14556,8	15273,4	14761,1	0,37ns	

Tabloda harfler Duncan testi sonucunda oluşan homojen grupları göstermektedir. Küçük harfler dikey, büyük harfler yatay sonuçları vermektedir. Aynı harflerin bulunduğu değerler Duncan testi sonucunda aynı gruplarda yer almaktadır ve aralarında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark yoktur ($p>0,05$).

Derin topraklarda da en düşük değerler 7831,8 ppb ile L1, 9497,7 ppb ile L6, ve 10171,7 ppb ile L5 lokasyonlarında elde edilmiş olup, en yüksek değerler ise 26846,2 ppb ile L8, 21556,4 ppb ile L9 ve 21574,5 ppb ile L10 lokasyonlarında elde edilmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde ise; lokasyonlarda ortalama en yüksek değer 23609,1 ppb ile L8, ortalama en düşük değer 7348,3 ppb ile L1 lokasyonlarında da elde edilmiştir. L8 lokasyonu sanayi yakınında bir lokasyon olup, L1 lokasyonu ise hem sanayi hem de anayola uzak bir lokasyondur.

Sonuç ve Tartışma

Çalışma sonuçları genel olarak sanayi bölgesi (L7, L8, L12 vb) ve anayol kenarındaki (L9 ve L13) lokasyonlardan alınan topraklarda Co konsantrasyonunun daha yüksek seviyelerde olduğunu göstermektedir. Bu durum sağlık açısından risk teşkil etmektedir. Çünkü bu bölgelerde tarım yapılmakta ve yetiştirilen bitkiler gıda olarak tüketilmektedir. Yüksek düzeyde Co kirliliği olan topraklarda yetişen bitkilerdeki Co konsantrasyonunun da yüksek olacağı açıktır. Çünkü ağır metaller bitki bünyesine girişi; topraktan kökler vasıtasıyla, havadan yapraklar vasıtasıyla ve gövde bölümlerinden doğrudan adsorbsiyonla olabilmektedir (Key ve ark., 2023). Dolayısıyla yüksek konsantrasyonda Co bulunan topraklarda yetişen bitkilerde Co konsantrasyonu da oldukça yüksek seviyede olacaktır. Bitkilerde ise kobaltın morfoloji üzerindeki toksik etkisi yaprak dökümüne, yeşillenmenin engellenmesine, damarların renginin bozulmasına, yaprakların erken kapanmasına ve sürgün ağırlığının azalmasına neden olmaktadır (Palit ve ark., 1994).

Co konsantrasyonları toprakta 1 ila 40 ppm arasında değişmektedir. Çalışma alanında Co konsantrasyonunun da bu değerler arasında değiştiği belirlenmiştir. Bitkiler topraktan küçük miktarlarda (kuru ağırlık bazında 0,03–2 ppm aralığında) Co biriktirebilmektedirler (Yamaguchi ve ark., 2017). Bitkilerde Co alımı ve dağılımı türe bağlı olarak değişmektedir ve farklı mekanizmalar tarafından kontrol edilmektedir (Nagajyoti ve ark., 2010). Co'nun bitki bünyesine alımı ve yer değiştirmesine oldukça özel taşıyıcı sistemler aracılık etmektedir (Banerjee ve ark., 2021). Kobaltın bitkilerdeki dağılımı tamamen türe bağlıdır. Yapılan çok sayıda çalışmada ağır metal biriktirme kapasitesinin tür bazında önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir (Sevik ve ark., 2019; Karacocuk ve ark., 2022; Isinkaralar ve ark., 2024a,b). Bundan dolayı topraktaki Co kirliliğinden etkilenmeyen ve Co'yu bünyesinde biriktirmeyen bitki türleri bu alanlarda tercih edilmelidir.

Bitkiler canlı yaşamın kaynağı olup dünyadaki tüm canlı yaşamı bitkilere bağlıdır (Sevik ve ark., 2016; Yigit ve ark., 2019). Bitkiler besin pramidinin temelini oluştururken aynı zamanda çok sayıda ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonu da yerine getirirler (Isinkaralar ve ark., 2023a,b; Erdem ve ark., 2023). Ancak, bitkilerin kendilerinden beklenen fayda ve fonksiyonları yerine getirebilmeleri sağlıklı olarak gelişmelerine bağlıdır. Bitki gelişimi temel olarak genetik yapı ile çevre faktörlerine bağlı olarak şekillenir (Kurz ve ark., 2023; Hrivnak ve ark., 2024). Çevre faktörleri içerisinde de en önemlileri iklim (Canturk ve ark., 2024; Özdikmenli ve ark., 2024) ve topraktır (Kravkaz Kuşçu ve ark., 2018). Bundan dolayı toprak içerisinde bulunan ve bitkiler için toksik olabilen elementler, bitki sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Sulhan ve ark., 2023; Cobanoğlu ve ark., 2023).

Buna karşın topraklar, çevre kirliliğinden en çok etkilenen unsurlardandır. Topraklar hem üzerlerinde yaşayan bitkiler, hem de ekosistem için vazgeçilmez temel unsurlardandır. Ülkemizde tarıma elverişli topraklar her geçen yıl daha da azalmakta, dünyadaki diğer ülkelerde olduğu gibi bu topraklardaki kirlilik miktarı artmakta ve böylece tarım toprakları hem alansal olarak azalmakta hem de niteliği bozulmaktadır. Oysa gıda ihtiyacı sürekli artmaktadır. Tarım yapılabilen toprakların alansal olarak azalması, niteliğini kaybederek verimsizleşmesine ek olarak küresel iklim değişikliği gibi faktörlere bağlı olarak birim alandan alınan ürünün azalması, tarım topraklarını daha da değerli hale getirmektedir (Dölekoğlu ve Yurdakul, 2004; Koç, 2022a,b). Oysa bu değerli topraklar, kentsel alanlar, sanayi tesisleri ve trafik gibi ağır metal kirlilik kaynağı olan alanlarda büyük bir tehdit altındadır. Bundan dolayı tarım topraklarının kirlilik etmenlerinden korunması büyük önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Aricak, B., Canturk, U., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2024). Shifts that may appear in climate classifications in Bursa due to global climate change, *Forestist* 74, 129-137. Doi:10.5152/forestist.2024.23074
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 6723-6734.
- Banerjee, P., Bhattacharya, P. (2021). Investigating Cobalt in Soil-plant-animal-human system: Dynamics, Impact and Management. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21, 2339-2354 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00525-w>
- Bayraktar, O. Y., Yilmazoglu, M., Mutevelli, İ., Çetin, M., Çitoğlu, G. S., Dadula, C. P., & Dadula, D. P. (2022). Usability of organic wastes in concrete production; palm leaf sample. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 69-77.
- Canturk, U., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Possible Changes of *Pinus nigra* Distribution Regions in Türkiye with the Impacts of Global Climate Change. *BioResources*, 19(3), 6190-6214.
- Cobanoğlu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do annual rings really reveal cd, ni, and zn pollution in the air related to traffic density? An example of the cedar tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65.
- Çobanoğlu, H., Canturk, U., Koç, İ., Kulaç, Ş., & Sevik, H. (2023). Climate change effect on potential distribution of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* mill.) in the upcoming century in Türkiye. *Forestist*, 73(3), 247-256.
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., Cetin, M., & Kocan, N. (2024). Comprehensive risk assessment for identifying suitable residential zones in Manavgat, Mediterranean Region. Evaluation and program planning, 102465. Dölekoğlu, C. Ö., & Yurdakul, o. (2004). Adana ilinde hane halkının beslenme düzeyleri ve etkili faktörlerin logit analizi ile belirlenmesi. *Akdeniz University Faculty of Economics & Administrative Sciences Faculty Journal*, 4(8).
- Erdem, R., Çetin, M., Aricak, B., & Sevik, H. (2023a). The change of the concentrations of boron and sodium in some forest soils depending on plant species. *Forestist*, 73(2), 207-212.
- Erdem, R., Aricak, B., Cetin, M., & Sevik, H. (2023b). Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist*, 73(3), 257-263.
- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoğlu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of magnesium, one of the macronutrients, in some trees based on organs and species. *Forestist*, 74(1), 84-93.
- Erdem, R. (2023). Change of Cr, Co, and V concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *BioResources*, 18(3), 6183.
- Gur, E., Palta, S., Ozel, H. B., Varol, T., Sevik, H., Cetin, M., ve Kocan, N. (2024). Assessment of Climate Change Impact on Highland Areas in Kastamonu, Turkey. *Anthropocene*, 46, 100432.
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., Goginashvili, N., Paule, J., Gömöry, D. (2024). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *European Journal of Forest Research*, 143, 451-464. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01634-0>
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2023). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04399-z>
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koc, I., Cobanoglu, H., & Canturk, U. (2024a). Accumulation analysis and overall measurement to represent airborne toxic metals with passive tree bark biomonitoring technique in urban areas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(8), 689.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., & Bayraktar, E. P. (2024b). Ecological and health risk assessment in road dust samples from various land use of Düzce City Center: Towards the sustainable urban development. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235(1), 84.
- Istanbulu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial distribution of heavy metal contamination in road dust samples from an urban environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110(4), 78. <https://doi.org/10.1007/s00128-023-03720-w>
- Kaplan, G., Bayraktar, O. Y., Li, Z., Bodur, B., Yilmazoglu, M. U., & Alcan, B. A. (2023). Improving the eco-efficiency of fiber reinforced composite by ultra-low cement content/high FA-GBFS addition for structural applications: Minimization of cost, CO2 emissions and embodied energy. *Journal of Building Engineering*, 76, 107280.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., Cetin, M (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 18, 75-83. <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L.(Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(10), 1-13.
- Koç, İ., Canturk, U., Isinkaralar, K., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2024). Assessment of metals (Ni, Ba) deposition in plant types and their organs at Mersin City, Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 282.
- Kravkaz-Kuscu, I. S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., & Savaci, G. (2018). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3), 1613-1617.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801.
- Memiş, S., Özkan, İ. M., Yilmazoglu, M. U., Kaplan, G., & Yaprak, H. (2018). Behavior of mortar samples with waste brick and ceramic under freeze-thaw effect. In *Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium, (ISBS 2017) 2(3)*, 189-202. Springer International Publishing.

- Mutlu, E., Tokatlı, C., Islam, A. R. M. T., Islam, M. S., & Muhammad, S. (2023). Water quality assessment of Şehriban Stream (Kastamonu, Türkiye) from a multi-statistical perspective. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-17.
- Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., ve Sreekanth, T. V. M. (2010). Ağır metaller, bitkiler için oluşum ve toksisite: bir inceleme. *Çevre Kimyası mektupları*, 8, 199-216.
- Ozel, H. B., Sevik, H., Cetin, M., Varol, T., ve Isik, B. (2024). Impact of employment policies on disabled individuals in silvicultural activities. *Environment, Development and Sustainability*, 1-14.
- Özdikmenli, G., Yiğit, N., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Altitude-dependent Variations in Some Morphological and Anatomical Features of Anatolian Chestnut. *BioResources*, 19(3), 4635-4651.
- Özel, H. B., Şevik, H., Yıldız, Y., & Çobanoğlu, H. (2024). Effects of silver nanoparticles on germination and seedling characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis*) seeds. *BioResources*, 19(2), 2135-2148.
- Palit, S., Sharma, A., & Talukder, G. (1994). Effects of cobalt on plants. *The Botanical Review*, 60, 149-181.
- Savas, D. S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science Pollution Research*, 28, 55446-55453. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>
- Sevik, H., Cetin, M., & Kapucu, O. (2016). Effect of light on young structures of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*). *Oxidation Communications*, 39(1), 485-492.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish Fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579-6587.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 5909-5921.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 325, 36-58.
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, Development and Sustainability*, 25(5), 4365-4384.
- Şen, G., Güngör, E., & Şevik, H. (2018). Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 190(8), 454.
- Şevik, H., Yıldız, Y., & Özel, H. B. (2024). Phytoremediation and Long-term Metal Uptake Monitoring of Silver, Selenium, Antimony, and Thallium by Black Pine (*Pinus nigra* Arnold).. *BioResources*, 19(3), 4824-4837.
- Şimşek, A., & Mutlu, E. (2023). Assessment of the water quality of Bartın Kışla (Kozcağız) Dam by using geographical information system (GIS) and water quality indices (WQI). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 58796-58812.
- Tokatlı, C., Mutlu, E., Ustaoglu, F., Islam, A. R. T., & Muhammad, S. (2024). Spatiotemporal variations, health risk assessment, and sources of potentially toxic elements in potamic water of the Anday Stream Basin (Türkiye), Black Sea Region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(5), 420.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1), 637-647.
- Wang, W., Song, F., Du, C., & Su, Y. (2022). Durable and eco-friendly peroxymonosulfate activation over cobalt/tin oxides-based heterostructures for antibiotics removal: Insight to mechanism, degradation pathway. *Journal of Colloid and Interface Science*, 625, 479-492.
- Yamaguchi, T., Tomioka, R. ve Takenaka, C. (2017). Metal dozlamaya denemesinde *Clethra barbinervis* dokularında kobalt ve nikel birikimi. *Bitki ve Toprak*, 421, 273-283.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1-10.
- Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Variation of stomatal characteristics in broad leaved species based on habitat. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12859-12868.
- Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(5), 1-4.



Determination of Some Properties of Lightweight Concrete Produced by Partial Replacement of Cattle Manure Ash Instead of Cement

Ahmet Korkmaz^{1,a}, Sırrı Şahin^{2,b,*}

¹Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Erzurum, Türkiye

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 15.06.2024 Accepted : 14.07.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Cattle manure ash Pumice Lightweight concrete Compressive strength Pozzolan</p>	<p>In this study was aimed to investigate the effect of using sun-dried cattle manure ash (CMA), one of the renewable energy sources used for heating purposes in rural areas in Turkey, on the compressive strength of lightweight concrete produced by substituting cement at different ratios. In the research, pumice was used as lightweight aggregate and CEM I 42.5 R type cement and CMA substitute were used as binder. In the mixtures, a total of 45 150×150×150 mm cube specimens were produced in five groups by substituting CMA at certain ratios (0%, 5%, 10%, 15% and 20%) by weight instead of cement. As fresh concrete tests - unit weight tests; as hardened concrete tests, dry unit weight, water absorption and compressive strength tests were carried out. In the samples where CMA was used, with the increase of CMA substitution, there was a slight increase in the amount of water absorption and a slight decrease in the compressive strength compared to the control samples. The 28-day compressive strength decrease values of the samples produced with 5%, 10%, 15% and 20% CMA substitution were determined as 4%, 4.6%, 5.5% and 6%, respectively, when compared with the control samples. Applying 20% CMA substitute instead of cement, a 6% decrease in the 28-day compressive strength of the samples was observed.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1900-1907, 2024

Çimento Yerine Sığır Gübresi Külünün Kısmi İkamesi ile Üretilen Hafif Betonun Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 15.06.2024 Kabul : 14.07.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Sığır gübre külü Pomza Hafif beton Basınç dayanımı Puzolan</p>	<p>Bu çalışmada; Türkiye'de kırsal alanlarda ısınma amaçlı olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından güneşte kurutulmuş sığır gübresi külünün (SGK) farklı oranlarda çimento yerine kullanılmasının, hafif betonun basınç dayanımı üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmada, hafif agrega olarak pomza bağlayıcı olarak da CEM I 42,5 R tipi çimento ve SGK ikamesi kullanılmıştır. Karışımlara çimento yerine ağırlıkça belirli oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) SGK ikame edilerek 5 grup halinde toplam 45 adet 150×150×150 mm'lik küp numune üretilmiştir. Taze beton deneyleri olarak-birim ağırlık deneyleri; serleşmiş beton deneyleri olarak da kuru birim ağırlık, su emme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. SGK kullanılan numunelerde, SGK ikamesinin artması ile kontrol örneklerine göre su emme miktarında bir miktar artış, basınç dayanımlarında ise bir miktar düşüş görülmüştür. %5, %10, %15 ve %20 oranlarında SGK ikamesi ile üretilen numunelerin 28 günlük basınç dayanımı düşüş değerleri kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında sırasıyla %4, %4,6, %5,5 ve %6 olarak belirlenmiştir. Çimento yerine %20 SGK ikamesinin uygulanması, numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarında %6'lık bir azalma gözlemlenmiştir.</p>

^a ahmet.korkmaz13@ogr.atauni.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-9494-4173>

^b ssahin@atauni.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-6046-7241>



Giriş

Beton; çimento, cüruf ve uçucu kül gibi diğer bağlayıcı malzemelerden oluşan, su, ince agrega, iri agrega ve betonun geliştirilmesine olanak sağlayan kimyasal katkılarla birlikte kullanılan kompozit bir malzemedir. Sonsuz dayanım ve performans kombinasyonuna sahip çok sayıda beton karışımı, bu beton bileşenlerinin farklı türleri ve oranları kullanılarak basit bir şekilde hazırlanabilir (Neville 2005; Mehta & Monteiro, 1993). Beton, her türlü çağdaş inşaat mühendisliği yapısında kullanılabilir, şüphesiz en çok aranan yapı malzemesidir. Betonun yapısal malzeme olarak kullanılması, nispeten daha kolay işçilik, daha düşük maliyet, çevresel bozulmalara ve yangına dayanıklılık ve oldukça yüksek basınç dayanımı gibi avantajlar sağlar (Neville, 2005).

İnşaat mühendisliği yapıları, hizmet fonksiyonuna, hedeflenen hizmet ömrüne ve hizmet ömrü boyunca ortaya çıkabilecek çevresel bozulma riskine göre farklı kriterleri karşılayacak şekilde tasarlanmaktadır. Yeterli basınç dayanımı değerinin tanımlanması, betonarme yapıların tasarım sürecinde temel bir adımdır, çünkü betonun basınç dayanımı, söz konusu kriterlere göre kalitesinin ve performansının bir ölçüsüdür. Üretilen beton elemanın işlevine ve dayanması beklenen etki şartlarına göre inşaat mühendisleri tarafından kullanılmak üzere “düşük”, “normal” ve “yüksek” dayanımlı beton sınıfları seçilmektedir. Farklı beton kalitelerinin kullanılmasının gerekliliği ve bu koşullar altında ihtiyaç duyulan minimum dayanım kriterleri ilgili yönetmeliklerde çok iyi tanımlanmıştır (ACI, 1995).

Beton yapım malzemeleri her yıl doğal kaynakları tüketmektedir. Yeryüzündeki insan faaliyetleri, endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar gibi katı atıklar, kırsal ve kentsel toplumlardan önemli miktarlarda atıklar yılda 2500 milyon tonun üzerindedir (Ramasamy, 2012). Katı atıklar arasında ise en belirgin malzemeler uçucu kül, yüksek fırın cürufu, silis dumanı ve inşaat yıkımından kaynaklanan malzemelerdir. Portland çimentosunun kısmi ikamesi olarak endüstriyel yan ürünler kullanıldığında önemli enerji ve maliyet tasarrufu sağlanabilir. Yan ürünler kullanılarak toprağı, suyu ve havayı kirleten büyük miktardaki atık malzemenin bertaraf edilmesi, çevre dostu bir yaklaşım olacaktır. Artan çevresel kaygılar ve enerji tasarrufu ihtiyacı nedeniyle, endüstriyel ve tarımsal ürünlerin atık malzemelerinin inşaat sektöründe normal portland çimentosunun yerine puzolanik mineral katkı maddesi olarak kullanılmasına yönelik çabalar giderek artmaktadır. Bunların betonda puzolanik bir malzeme olarak kullanılması, çimento tasarrufu nedeniyle malzeme maliyetinin azalması ve atık malzemelerin bertarafıyla ilgili çevresel faydalar gibi çeşitli avantajlar sağlar (Ramasamy, 2012).

Beton, kullanışlılığı ve nispeten düşük maliyeti nedeniyle dünyada yaygın olarak kullanılan yapı malzemesidir. Geleneksel betonun dezavantajlarından biri de birim ağırlığının yüksek olması nedeniyle yapının zati (ölü) yük değerini artırmasıdır (Karthika ve ark., 2021). Zati yükün fazla olması yatay kuvvetlerinin “yapı” üzerindeki etkisinin daha şiddetli olmasına neden olmaktadır. Özellikle yapı taşıyıcı sisteminde hafif agregalı taşıyıcı hafif beton kullanımı deprem anında oluşan yatay deprem kuvvetleri yapı zati ağırlığındaki azalışa paralel

olarak deprem hasarlarını da azalacaktır (Akkaş, 2011). Betonun kendi ağırlığını azaltmak için iri agreganın yerini kısmen hafif agrega kullanılmasıyla yoğunluğu düşük, ölü yükü azaltan ve ısı yalıtımını artıran hafif beton üretilir. Normal iri agrega yerine, doğada bol miktarda bulunan ve pomza olarak adlandırılan hafif agrega, %50, %80 ve %100 oranlarında kullanılarak hafif beton üretilir (Karthikave ark., 2021).

Birçok ülkede sığır yetiştiriciliğinde merada otlatmadan besi alanlarında endüstriyel olarak sığır üretimine geçiş olmuştur. Bu, çiftlik sahiplerine büyük faydalar sağlarken, yoğun sığır üretimi nedeniyle biriken fazla miktardaki atıklar, ağır çevresel sorunlar yaratmaktadır. Mevcut atık yönetimi uygulaması, atıkları belirli bir süre stoklamak ve ardından mevcut araziye yaymaktır (Thomas & Patnaikuni, 1998). Her sığır, beş aylık bir süre boyunca yaklaşık bir ton toplanabilir biyokütle bırakır. Bu nedenle, gübre üretiminin tarım arazilerinde kullanılabilecek olandan fazla olması nedeniyle stoklanan atıklar ekonomik ve çevresel yükümlülükler doğurmaktadır. Artan çevresel kaygılarla birlikte, büyükbaş hayvan atıklarının bertarafı için uygun sahaların bulunmaması, besi yeri yöneticileri için çok büyük sorunlar yaratmıştır. Yukarıdaki faktörler göz önüne alındığında, atıkların yakma yoluyla bertaraf edilmesi uygun bir çözümdür. Çimento esaslı malzemelerde uçucu kül, pirinç kabuğu külü, kanalizasyon çamuru külü ve diğer yakma fırını kalıntıları gibi atık maddelerin kullanıldığı geçmişte yapılan diğer araştırmalar umut verici sonuçlar vermiştir (Malhotra, 1993).

Türkiye’de kırsal bölgelerde çeşitli geleneksel enerji kaynakları kullanılmaktadır. Güneşte kurutulmuş sığır gübresi ısınma amaçlı olarak orman bölgelerine yakın olanlar dışında en çok köylerde tüketilmektedir (Gokmen ve ark., 2004). Yakacak odun, hayvansal atıklar, tarımsal ürün artıkları ve tomruk atıkları Türkiye’de uzun yıllardır doğrudan yakma amacıyla kullanılmaktadır (Demirbaş, 2001). Türkiye’de yakıt tercihlerinin bağımlı değişken olarak kullanıldığı modelde hanelerin %33’ü odun, %35’i kömür, %22’si doğalgaz, %6’sı elektrik, %4’ü tezek kullanılmaktadır (Emeç ve ark., 2015).

Yaşadığımız modern çağda, inşaat malzemelerinin üretilmesinde birçok yeni teknoloji ortaya çıkmıştır. Artan nüfus, kentleşme ve sanayileşme, çimento ve doğal agrega ihtiyacını giderek artırmıştır. Kaliteli malzemelerin bulunması zorlaşmakta olup aynı zamanda ekonomik olarak fiyatları da oldukça yükselmiştir. Bu nedenle, sığır gübresi külü ve kauçuk boru atık parçaları gibi daha ucuz ve aynı zamanda çevre dostu bir malzemeye ihtiyaç vardır. İnşaat malzemesi olarak betona olan yoğun talep nedeniyle, geri dönüştürülmüş veya kullanılmamış malzemelerden elde edilebilecek alternatif malzemeler kullanılarak doğal iri agregaların korunmasına gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle olumsuz çevresel etkileri azaltabilecek ve doğal kaynakların korunmasına olanak sağlayabilecek etkili kullanıma yol açan kauçuk artıklarının ve SGK’nın geri kazanımları en iyi yönetim stratejileri arasında gösterilebilir (Himabindu ve ark., 2023).

Bu araştırmada, hafif agregata olarak pomza ve Türkiye'de kırsal evlerde ısıtma amaçlı kullanılan geleneksel enerji kaynaklarından güneşte kurutulmuş SGK'nın farklı oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) çimento yerine kullanılarak hafif beton üretimi hedeflenmiştir. Çimento olarak yaygın kullanılan CEM I 42,5 R tipi seçilmiştir. Özellikle YÖKTEZ merkezli yapılan literatür taramasında çimentonun yerine SGK kullanılmasının hafif beton üzerindeki etkileri hakkında herhangi bir tez çalışmasına rastlanılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada külün puzolanik özelliklerini test etmek ve hafif betonun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek tezin ulusal ölçekte özgünlüğünün göstergesi olarak kabul edilebilir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma materyalini Erzurum-Pasinler yöresinden elde edilen volkanik kökenli pomza taşı ve SGK oluşturmaktadır. Agregata olarak kullanılan pomzanın kimyasal analizi sonuçları (Ceylan, 2019); %70.5SiO₂, %13.66 Al₂O₃, %4.65 K₂O, % 3.6 Na₂O, %0.8 CaO, %1.9 Fe₂O₃, %0.2 TiO₂, %0.3 MgO, %0.1 P₂O₅, %0.1 MnO ve % 4.3 kızdırma kaybı şeklindedir. Sığır gübresi külünün kimyasal bileşimleri, Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde yaptırılmış olup analiz sonuçları ise; %25.78SiO₂, %3.33 Al₂O₃, %8.51 K₂O, % 1.27 Na₂O, %34.55 CaO, %3.65 Fe₂O₃, %3.77 SO₃, %4.94 MgO, %5.35 P₂O₅, %2.40 Cl ve % 6.93 kızdırma kaybı şeklinde tespit edilmiştir.

Araştırmada kullanılan CEM I 42,5 R çimentosu Aşkale Çimento San. ve Tic. A.Ş.'ye ait Erzurum Çimento

Fabrikasından temin edilmiş ve karışım suyu ise Atatürk Üniversitesi içme suyu kullanılmıştır.

Yöntem

Agregaların özelliklerinin belirlenmesinde TS EN 932-1 (Anonim, 1997), TS EN 932-2 (Anonim, 1999), TS EN 933-1 (Anonim, 2012) ve TS EN 1097-6 (Anonim, 2013)'de belirtilen yöntemler kullanılarak agregaların tane yoğunluğu ve su emme oranları belirlenmiştir (Çizelge 1). Pomza agregası üzerinde tane büyüklüğü dağılımı TS EN 933-1 (Anonim, 2012) standardına göre, agregata karışımının gradasyon eğrisi ise TS 802 (Anonim, 2016) standardında verilen sınırlara göre sunulmuştur (Şekil 1). Her bir deney için elde edilen numuneler üzerinde üçer kez agregata deneyleri yapılmış ve sonuçların aritmetik ortalamaları alınmıştır. Ancak malzemeden kaynaklı hatalı deneyler tekrarlanmıştır.

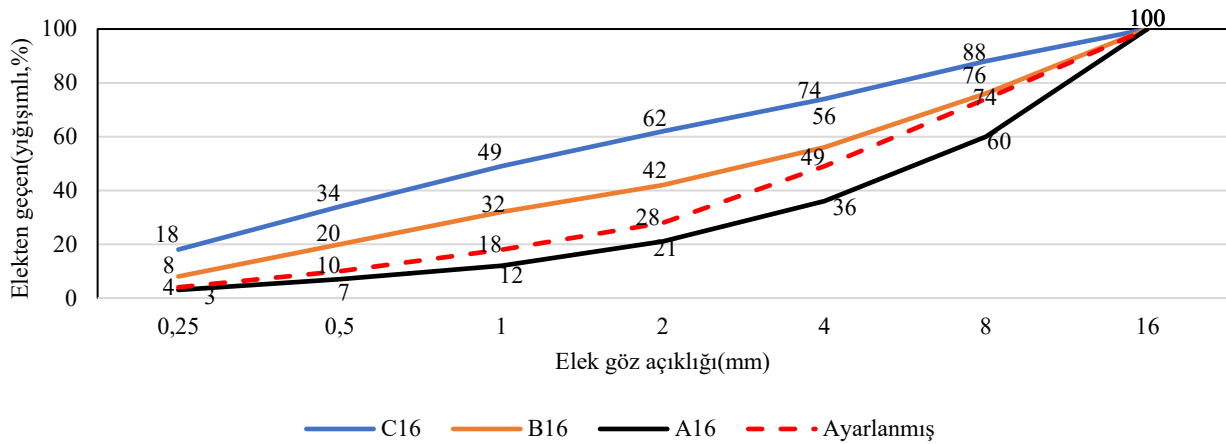
Hafif beton tasarımı TS 2511 (Anonim, 2017) ve TS 802 (Anonim, 2016) standartlarına göre belirlenmiştir. Çalışma kapsamında pomza agregasıyla, birçok seri deney yapıldıktan sonra su/çimento (S/Ç) oranı 0.57 ve çimento dozajı ise 370 kg alınarak beton karışımı hazırlanmıştır. Üretilen beton karışımlarının oranları Çizelge 2'de sunulmuştur. Agreganın yüzde oranları ise ayarlanmış granülometri eğrisinden alınmıştır. Betonlar önceden temizlenip yağlanan 150×150×150 mm boyutlarındaki fiberglas küp kalıplara tek tabaka halinde 25 kez şişlenerek doldurulduktan sonra yüzeyleri düzeltilmiştir.

Numunelerin çökme deneyi TS EN 12350-2 (Anonim, 2019a), taze birim ağırlık deneyi TS EN 12350-6 (Anonim, 2019b), 28 günlük hafif beton numunelerinin kuru birim ağırlık deneyi TS EN 12390-7 (Anonim, 2010), su emme deneyi TS EN 772-4 (Anonim, 2000) ve basınç dayanımı deneyi TS EN 12390-3 (Anonim, 2019c) standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Kullanılan agregaların tane yoğunluğu ve su emme değerleri

Tablo 1. Grain density and water absorption values of the aggregates used

Agregata sınıfı	Tane yoğunluğu (g/cm ³)			Su emme oranı (%)
	Görünen tane yoğunluğu (ρ_a)	Etüvde kurutulmuş tane yoğunluğu (ρ_{rd})	Doygun ve yüzeyi kurutulmuş tane yoğunluğu (ρ_{ssd})	
0-4 (mm)	1,74	1,21	1,51	25
4-8 (mm)	1,46	1,09	1,34	23
8-16 (mm)	1,27	0,97	1,21	24



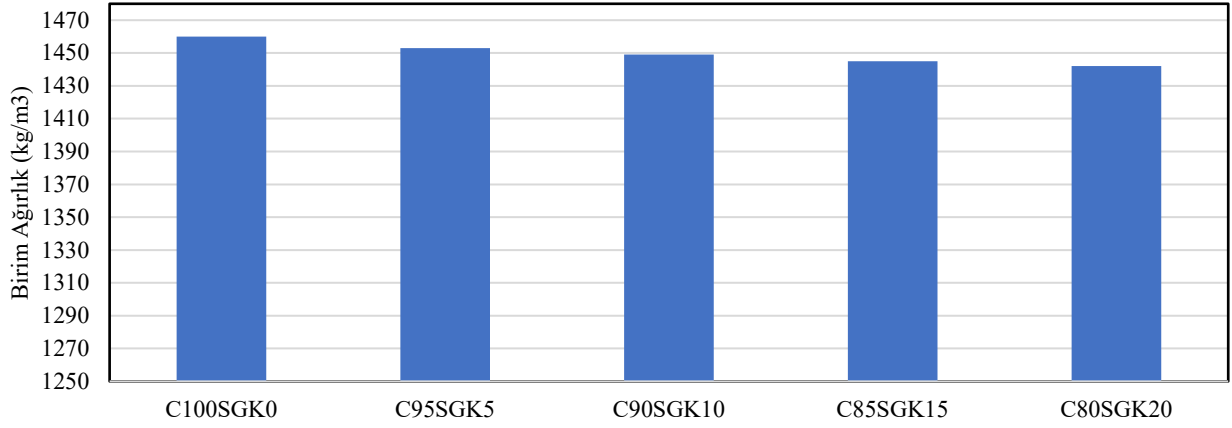
Şekil 1. Beton bileşiminde kullanılan agreganın granülometri eğrisi
Figure 1. Granulometry curve of aggregate used in concrete composition

Çizelge 2. Karışım hesapları (kg/ m³)Tablo 2. Mixture calculations(kg/m³)

KOD	Su	Bağlayıcılar		Agregalar		
		C	SGK	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm
C100SGK0	211	370	-	439	224	233
C95SGK5	211	351,5	18,5	439	224	233
C90SGK10	211	333	37	439	224	233
C85SGK15	211	314,5	55,5	439	224	233
C80SGK20	211	296	74	439	224	233

Çizelge 3. Taze betonun birim ağırlığı (kg/m³)Tablo 3. Unit weight of fresh concrete (kg/m³)

KOD	Taze Betonun Birim Ağırlık (kg/m ³)
C100SGK0	1460
C95SGK5	1453
C90SGK10	1449
C85SGK15	1445
C80SGK20	1442

Şekil 2. Taze betonun birim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması
Figure 2. Comparison of unit weight values of fresh concrete

Bulgular ve Tartışma

Taze Beton Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Pomza agregası ve SGK kullanılarak üretilen beton karışımlarının taze birim ağırlık sonuçları Çizelge 3 ve Şekil 2’de verilmiştir.

Üretilen beton numunelerden elde edilen sonuçlar sırasıyla 1460, 1453, 1449, 1445, 1442 kg/m³ olarak bulunmuştur. Şekil incelendiğinde referans numunenin (C100SGK0) birim ağırlığı 1460 kg/m³ ile en yüksek değere, %20 SGK’nın ikamesinde ise 1442 kg/m³ ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. SGK’nın ikame oranı arttıkça üretilen numunelerin birim ağırlık değerlerinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Bir başka deyişle %20 oranında SGK kullanılmasıyla daha hafif beton malzemesi üretilebilir.

Yapılan literatür taramasında Demir ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada da taze betonlarda birim ağırlık silis dumanı ve uçucu kül oranının artması ile çok az oranda azaldığı tespit edilmiştir. Sarker ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada çimentoya ağırlıkça sığır gübresi kül ikamesi oranları arttıkça betonların taze birim ağırlıklarının bir miktar azaldığı rapor edildiği görülmüştür. Verilen literatür örnekleri ile elde edilen sonuçlar arasında benzerlikler görülmektedir.

Sertleşmiş Beton Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Birim ağırlık deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi

Çalışmada sertleşmiş betona ait 28 günlük kür sonrası birim ağırlık sonuçları Çizelge 4 ve Şekil 3’de sunulmuştur.

Beton numunelerden elde edilen sonuçlar sırasıyla 1318, 1310, 1305, 1298, 1293 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Şekil 15 incelendiğinde referans numunenin (C100SGK0) 1318 kg/m³ ile en yüksek değere, %20 SGK’nın ikamesinde ise 1293 kg/m³ ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. SGK ikamesi ile numunelerin birim ağırlık değerlerinde azalma meydana geldiği saptanmıştır.

Yapılan literatür taramasında Taşdemir (2003) tarafından yapılan çalışmada pomza taşı hafif agregasıyla üretilen hafif betonların birim ağırlıklarını 700 kg/m³’ten 1900 kg/m³’e kadar değiştirmek mümkün olduğunu belirtmiştir. Ojedokun ve ark. (2014) ise SGK yüzdesi arttıkça numunelerin yoğunluğu azaldığı bu ise numunenin ağırlığındaki hafifliğin SGK’nın varlığından kaynaklandığını ve SGK yüzdesi ne kadar yüksekse numunenin o kadar hafif olduğunu rapor etmiştir. Verilen literatür örnekleri ile elde edilen sonuçlar arasında benzerlikler görülmektedir.

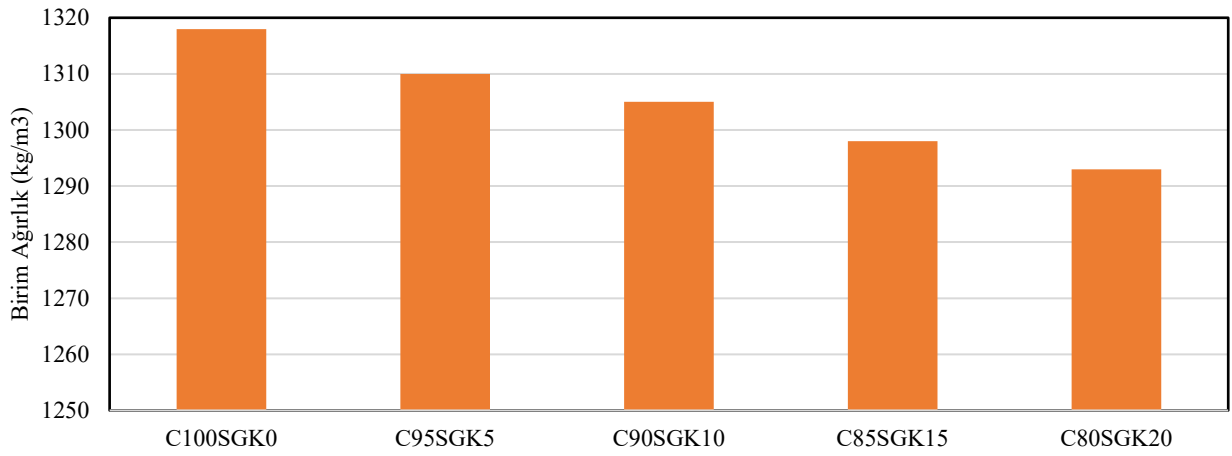
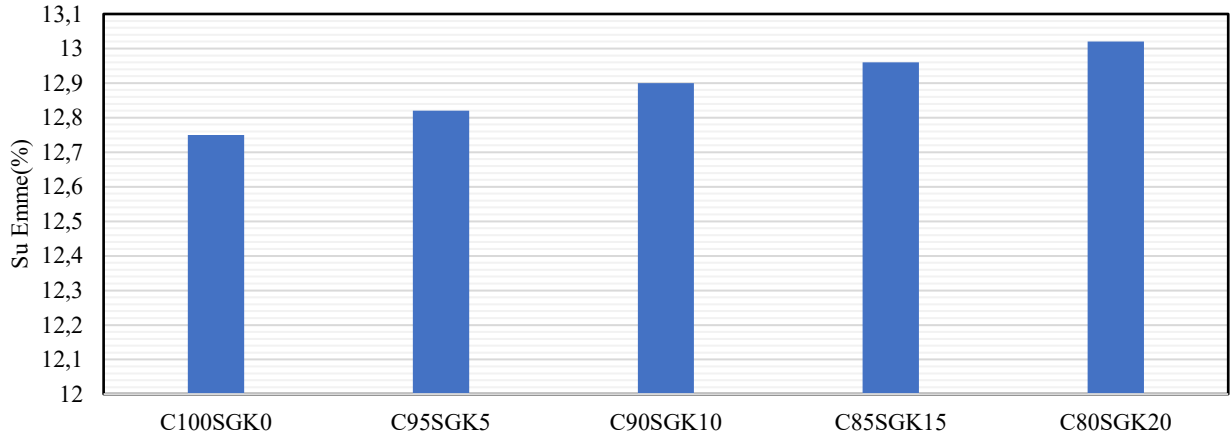
Çizelge 4. Sertleşmiş betonun birim ağırlığı (kg/m³)Tablo 4. Unit weight of hardened concrete (kg/m³)

KOD	28 Günlük Sertleşmiş Betonun Birim Ağırlık (kg/m ³)
C100SGK0	1318
C95SGK5	1310
C90SGK10	1305
C85SGK15	1298
C80SGK20	1293

Çizelge 5. Sertleşmiş betonun su emme (%)

Tablo 5. Water absorption of hardened concrete (%)

KOD	Su Emme (%)
C100SGK0	12,75
C95SGK5	12,82
C90SGK10	12,90
C85SGK15	12,96
C80SGK20	13,02

Şekil 3. Sertleşmiş betonun birim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması
Figure 3. Comparison of unit weight values of hardened concreteŞekil 4. Sığır gübre külü içeriği- su emme ilişkisi
Figure 4. Cattle manure ash content - water absorption relationship

Sertleşmiş beton bünyesindeki suyun buharlaşması neticesinde bütün gruplarda beklenildiği şekilde birim ağırlıklarda azalmalar olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, kuru birim ağırlığında meydana gelen düşüşün sığır gübresi külünün birim ağırlığının çimentonun birim ağırlığından daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

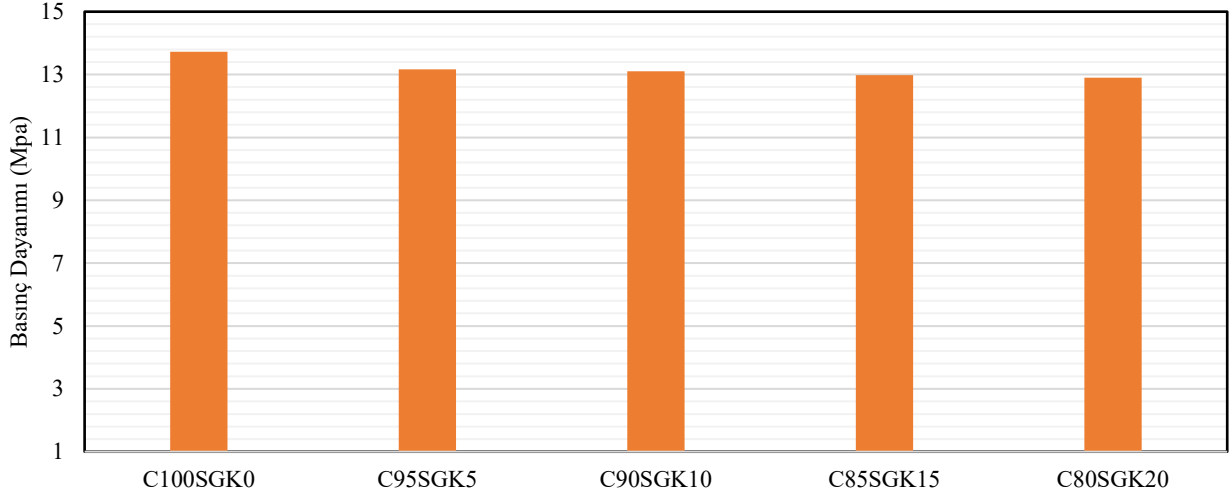
Su emme sonuçlarının değerlendirilmesi

TS EN 772-4 (Anonim 2000) standardına göre 28 günlük 150×150×150 mm boyutlarındaki küp numuneler üzerinde yapılan su emme deney sonuçları Şekil 4 ve Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 6. 28 Günlük basınç dayanımı sonuçları (MPa)

Tablo 6. 28-day compressive strength results (MPa)

KOD	28 Günlük
C100SGK0	13,73
C95SGK5	13,17
C90SGK10	13,10
C85SGK15	12,98
C80SGK20	12,90



Şekil 5. 28 günlük basınç dayanımına sığır gübre külü etkisi
Figure 5. Effect of 28-day compressive strength on cattle manure ash

Su emme deneyi sonuçları incelendiğinde, %12,75 ile en düşük su emme oranı kontrol numunesine (C100SGK0) ait iken, en yüksek su emme oranı %13,02 ile C80SGK20 numunesine aittir. SGK'nın ikame oranı arttıkça su emme oranının arttığı görülmüştür.

Yapılan literatür taramasında Worku ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada çimentoya ağırlıkça SGK ikamesi oranları arttıkça harç numunelerinin su emmesinin tüm kür yaşlarında arttığını ve bunun ise SGK parçacıklarının gözenekli özelliklerinden kaynaklandığını; çünkü bu parçacıklar önemli bir su emme kapasitesine sahip olduğu rapor edildiği görülmüştür. Fredrick ve ark. (2018) tarafından yapılan araştırmada da ise çimentoya ağırlıkça SGK ikamesi oranları arttıkça beton örneklerin su emme miktarı artmıştır. Bu, su geçirgenliğinin SGK miktarından etkilendiği anlamına gelir, yani su hareketine izin verecek boşluklar olduğunu belirtmiştir. Ceylan (2005) İzmir-Menderes ve Kayseri-Talas bölgelerinden temin ederek ürettiği pomza agregaları hafif beton numunelerinin su emme değerlerinin %12,5 ile %46,1 arasında olduğunu bildirmiştir.

Basınç dayanımı deneyi sonuçları ve değerlendirmeler

Üretilen beton numunelerin 28 günlük basınç dayanımı sonuçları Çizelge 6 ve Şekil 5'de sunulmuştur.

28 gün su ortamında kür edilen numunelerin ortalama basınç dayanımı sonuçları kontrol betonunda (C100SGK0) 13,73 Mpa olarak bulunmuştur. SGK katkılı C95SGK5, C90SGK10, C85SGK15 ve C80SGK20 numunelerin basınç dayanımı sırasıyla 13,17 Mpa, 13,10 Mpa, 12,98 Mpa ve 12,90 Mpa olarak elde edilmiştir. 28. günde en yüksek basınç dayanımı kontrol betonundan elde edilmiştir. %20 SGK ikameli numunelerde ise en düşük basınç dayanımı saptanmıştır. Kontrol betonuna göre SGK katkılı (%5,

%10, %15 ve %20) örneklerin basınç dayanımındaki düşüş oranları sırasıyla %4, %4,6, %5,5 ve %6 olarak belirlenmiştir.

Yapılan literatür taramasında Omoyini ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada çimentoya ağırlıkça SGK ikamesi oranları arttıkça basınç ve eğilme dayanımları azalmış ve kür süreleriyle birlikte arttığını ileri sürmüşlerdir. Şahin ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada da çimentoya ağırlıkça SGK ikamesi oranları arttıkça basınç dayanımında genel bir azalma sergiledikleri belirtilmiştir. Adewuyi & Ramahobo (2019) tarafından yapılan çalışmada %10 SGK ikameli beton örneklerinin 7, 14, 21 ve 28 günlük kür yaşlarında sırasıyla %7,8, %5,4, %5,2 ve %2,8 basınç dayanımı düşüşü olduğu rapor edilmiştir. Frederick ve ark. (2018) ise kontrol örnekleri SGK katkılı örnekleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek erken dayanım kazandığı, düşük dayanım gelişimi ise puzolanların yavaş hidrasyon hızı nedeniyle betonun erken dayanımını azalttığı ve betonda katkı maddesi olarak SGK varlığının bir sonucu olduğunu, aynı zamanda SGK'nın %10'luk optimal ikamesi ile etkinin çok fazla endişe verici olmayacağı ve çok iyi bir puzolan varlığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Verilen literatür örnekleri ile elde edilen sonuçlar arasında benzerlikler görülmektedir.

Sonuçlar ve Öneriler

Bu makalede, agrega olarak Erzurum-Pasinler yöresi pomzasi ve farklı oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) çimento yerine SGK ikame malzemesi kullanılarak hafif beton üretimi yapılmıştır. Numunelere fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Üretilen karışımlarda en yüksek birim ağırlık değerleri kontrol betonlarına aittir. Örneklerin taze ve sertleşmiş birim ağırlıklarında SGK oranının artmasıyla bir miktar birim ağırlık değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç SGK yoğunluğunun çimento yoğunluğuna göre düşük olmasından kaynaklanmıştır.
- SGK ikamesinin artmasıyla su emme oranında önemsiz bir oranda artma meydana geldiği görülmüştür. En düşük değer %12,75 ile kontrol numunesinde, en yüksek değer ise %13,02 değeri ile %20 SGK ikameli betonda görülmüştür.
- Hafif beton numunelerinin basınç dayanımının SGK ikamesinin artması ile azalmaktadır. Çimento yerine %5, %10, %15 ve %20 oranlarında SGK ikamesi ile üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımları düşüş oranları kontrol örneğine göre sırasıyla %4, %4,6, %5,5 ve %6 olarak belirlenmiştir. Çimentonun yerine SGK ikamesinin kullanılması basınç dayanımında bir azalmaya yol açsa da çok fazla endişe verici olmadığı düşünülmektedir.
- Pomza gibi doğal hammaddelerin, SGK gibi tarımsal atıkların inşaat sektöründe kullanılması sürdürülebilir yapı malzemesi üretiminde oldukça etkili olacağı ve aynı zamanda betonda puzolan olarak başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir. SGK sadece beton değil, aynı zamanda harç gibi farklı yapı malzemelerinin üretiminde de kullanılabilir.
- SGK tamamlayıcı çimentolu malzeme olarak benimsenmesi hem çevre hem de inşaat sektörü için ekonomik açıdan malzeme maliyetini azaltarak avantajlar sunabilir.
- Çalışma aynı zamanda atık malzemelerin beton üretiminde kullanılmasının sadece beton endüstrisinde kullanılan çimento kurtarmakla kalmayıp, aynı zamanda çimento endüstrisinden kaynaklanan CO₂ emisyonunu kontrol ederek çevreyi koruyacağını ve güvenli bir şekilde bertaraf etme tekniği sağlayacağı düşünülebilir.
- Tarımsal atıkların inşaat sektöründe aktif bir şekilde kullanılması teşvik edilmelidir.
- Kırsal bölgelerdeki binaların çoğu düşük kaliteli geleneksel malzemelerden oluşmaktadır. Bu nedenle kırsal kesimde yaşayan aileler sığır gübresi külünü bağlayıcı olarak kullanması durumunda düşük maliyetli ve kaliteli bir malzeme üretebilirler.

Bilgi

Bu çalışma Ahmet Korkmaz tarafından hazırlanan yüksek lisans tezine ait bazı veriler içermektedir.

Kaynaklar

- ACI (1995). ACI 318-95. Building Code Requirements for Structural Concrete: *American Concrete Institute*.
- Adewuyi, A. & Ramahobo, G. L. (2019). Properties of cow-dung ash blended cement concretes in fresh and hardened states. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS)*. ISSN: 2458-925X, 5(12). www.jmess.org JMESP13420608 3012

- Akkaş, A. (2011). *Pomza agregalı hafif betonların taşıyıcılık özelliklerinin araştırılması* (Yayınlanmamış doktora tezi). İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Anonim, (1997). TS EN 932-1: Agregaların genel özellikleri için deneyler-Kısım 1 numune alma metodları. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (1999). TS EN 932-2: Agregaların genel özellikleri için deneyler bölüm 2: Laboratuvar numunelerin azaltılması metodu. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2000). TS EN 772-4: Kâgir birimler- Deneysel metodları-Bölüm 4: Tabii taş kâgir birimlerin toplam ve görünen porozitesi ile boşluksuz ve boşluklu birim hacim kütesinin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2010). TS EN 12390-7: Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm7:Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2012). TS EN 933-1: Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini-Elementer metod, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2013). TS EN 1097-6: Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler Bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2016). TS 802: Beton karışımı hesap esasları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2017). TS 2511: Taşıyıcı hafif betonların karışım hesap esasları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2019a). TS EN 12350-2: Beton-taze beton deneyleri-Bölüm 2: Çökme (slamp) deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2019b). TS EN 12350-6: Beton-taze beton deneyleri-Bölüm 6: Yoğunluk, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2019c). TS EN 12390-3: Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm3: Deneysel numunelerinin basınç dayanımının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Ceylan, B. T. (2019). *Erzurum Yöresinde Çıkarılan Pomza ve Perlitin Seramik Sanayisinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ceylan, H. (2005). *Farklı pomza agregası türlerinden elde edilen hafif betonun sıcaklık etkisindeki karakteristiği* (Yayınlanmamış doktora tezi). Maden Mühendisliği ve Madencilik Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Demir, İ., Durgun, M.Y. & Kurt, D. (2009). *İki Farklı Puzolanik Katkının Sertleşmiş Beton Özelliklerine Etkisinin Karşılaştırılması*. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Türkiye.
- Demirbas, A. (2001). Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey. *Energ. Convers. Manage.*, 42: 1239-1258.
- Emeç, H., Altay, A., Aslanpay, E., Özdemir, A.O. (2015). Türkiye’de Enerji Yoksulluğu ve Enerji Tercihi Profili, Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, Cilt: 52 Sayı: 608
- Fredrick J. O., Dambring E. D., Molwus J. J., Amos, N. G. (2018). Permeability properties of concrete produced with ordinary portland cement (OPC) blended with cow dung ash (CDA). *Scientific Research Journal*, 6(4), 27-34.
- Gokmen, A., Kayaligil, S., Weber, G.W., Gokmen, I., Ecevitand, M. & Sürmeli, A. (2004). Balabanvalley project: Improving the quality of life in rural area in turkey. *Intl. Sci. J. Meth. Models Complex*, Vol: 7.
- Himabindu, K., Narendra Naidu, L., Sri Hari, S., Ashok, N., Raj Mohan Redd, O., Sai Kumar, T. & Sandeep, E. (2023). Experimental study on mechanical properties of M-25 grade concrete with cow dung ash and waste rubber tube pieces. *Materials Today: Proceedings*, 92(2), 1681-1687. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.306>

- Karthika, R.B., Vidyapriya, V., Nandhini Sri, K.V., Merlin Grace Beaula, K., Harini, R. & Sriram, M. (2021). Experimental study on lightweight concrete using pumice aggregate. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1606–1613. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.762>
- Malhotra, V.M. (1993). Fly ash, slag, silica fume and rice husk ash in concrete. *A Review. Concrete Intl. Design Construc*, 15: 23-28.
- Mehta, P.K. & Monteiro, P.J.M. (1993). *Concrete- Structures, Properties and Materials*. 2nd ed. Prentice-Hall.
- Neville, A.M. (2005). *Properties of Concrete*. John Wiley & Sons, New York.
- Ojedokun, O., Adeniran, A.A., Raheem, S.B. & Aderinto, S.J. (2014). Cow Dung Ash (CDA) as Partial Replacement of Cementing Material in the Production of Concrete. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4(24), 3445-3454. <https://doi.org/10.9734/bjast/2014/6447>
- Omoniyi, T. M., Duna, S., Moh'd Abba, G., Rahama, B. S. & Abdullahi, M. (2023). Statistical Evaluation of the Mechanical Properties of Cow Dung Ash Concrete. *The Asian Institute of Research Engineering and Technology Quarterly Reviews*, 6(1), 99-112. DOI: 10.5281/zenodo.8084826
- Ramasamy, V. (2012). Compressive Strength and Durability Properties of Rice Husk Ash Concrete. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 16(1), 93-102. DOI 10.1007/s12205-012-0779-2.
- Sahin, S., Kocaman B., Orung, I. & Memis S. (2006). Replacing cattle manure ash as cement into concrete. *Journal of Applied Science*, 6(13), 2840-2842. <http://dx.doi.org/10.3923/jas.2006.2840.2842>
- Sarker, K., Shiuly, A. & Dutta, D. (2023). Strength, durability and microstructure study of cow dung ash ased cement for sustainable development, *Innovative Infrastructure Solutions*, 8:148. <https://doi.org/10.1007/s41062-023-01116-7>
- Taşdemir, C. (2003). Hafif Betonların Isı Yalıtım ve Taşıyıcılık Özellikleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 427.
- Thomas, P.R. & Patnaikuni, I. (1998). *Farm cattle waste ash recycling strategy in construction. Proceedings of the International Symposium on Innovative World of Concrete (IWC-98)*, November 16-19, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 91-98.
- Worku, M.A., Taffese, W.Z., Hailemariam, B.Z., & Yehualaw, M.D. (2023). Cow Dung Ash in Mortar: An Experimental Study. *Appl. Sci.*, 13(10), 6218. <https://doi.org/10.3390/app13106218>



Influence of Doses and Application Methods of Paclobutrazol on Seedling Quality in Cucumber

Yasemin Aktaş^{1,a}, Naif Geboloğlu^{2,b,*}, Emine Polat^{2,c}

¹Niksar İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Tokat, Türkiye.

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 21.06.2024 Accepted : 27.09.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Seedling height Stem diameter Quality Seedling fresh weight Seedling dry weight</p>	<p>In this study, the effect of different applications of paclobutrazol on seedling quality in cucumber was investigated. In the trial, 30, 40, 50 and 60 ppm doses of paclobutrazol were applied in 2 different amounts (0.5-1.0 ml) and in 2 different ways. The first application was made when the cotyledon leaves were parallel to the ground and no application was made afterwards (1+0). Paclobutrazol was given twice (1+1), the first application being when the cotyledon leaves were parallel to the ground and the second application being when the first true leaves reached 0.5 cm in diameter. In control plots, plants were sprayed with distilled water. Hoagland nutrient solution was modified and used to fertilize the seedlings. The pH of the solution was adjusted to 6.3±2 during the seedling growing period. Seedlings were harvested on the 35th day and observations were made. In the study, seedling height (cm), stem length (cm), stem diameter (mm), number of leaves, seedling fresh weight (g), seedling dry weight (g), root fresh weight (g) and root dry weight (g) were examined. Paclobutrazol applications caused a significant shortening in seedling height and stem length. As the amount of paclobutrazol increased, the decrease in seedling height and stem length continued. In the trial, giving 30 and 40 ppm paclobutrazol as 0.5 ml per seedling and 1+1 application was determined to be the most effective result. No significant relationship was found between paclobutrazol applications and stem diameter. Similarly, no relationship was found between applications and the number of leaves. In conclusion, while paclobutrazol significantly increases seedling quality, it also causes significant declines in seedling quality depending on the application method, application dose and amount.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1908-1913, 2024

Hıyarda Fide Kalitesi Üzerine Paklobutrazol Dozlarının ve Uygulama Metotlarının Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 21.06.2024 Kabul : 27.09.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Fide boyu Gövde çapı Kalite Fide yaş ağırlığı Fide kuru ağırlığı</p>	<p>Bu çalışmada, hıyarda fide kalitesi üzerine paklobutrazolün farklı uygulamalarının etkisi araştırılmıştır. Denemede paklobutrazolün 30, 40, 50 ve 60 ppm dozları 2 farklı miktarda (0,5-1,0 ml) ve 2 farklı şekilde uygulanmıştır. Birinci uygulama kotiledon yaprakları yere paralel olduğu dönemde yapılmış ve sonrasında herhangi bir uygulama yapılmamıştır (1+0). İkinci uygulama kotiledon yaprakları yere paralel olduğu dönemde ve ilk gerçek yapraklar 0,5 cm çapa ulaştığında olmak üzere iki sefer (1+1) yapılmıştır. Kontrol parsellerinde bitkilere saf su verilmiştir. Fidelerin gübrenlenmesinde Hoagland besin solüsyonu modifiye edilerek kullanılmıştır. Fide yetiştirme dönemi boyunca çözeltinin pH'sı 6,3±2'ye ayarlanmıştır. Tohum ekiminden 35 gün sonra hıyar fidelerinin yetiştiriciliği tamamlanmış ve fidelerde gözlemler yapılmıştır. Çalışmada fide boyu (cm), gövde uzunluğu (cm), gövde çapı (mm), yaprak sayısı, fide yaş ağırlığı (g), fide kuru ağırlığı (g), kök yaş ağırlığı (g) ve kök kuru ağırlığı (g) incelenmiştir. Paklobutrazol uygulamaları fide boyu ve gövde uzunluğunda önemli düzeyde kısalmaya neden olmuştur. Paklobutrazol miktarı arttıkça fide boyu ve gövde uzunluğundaki azalış devam etmiştir. Denemede 30 ve 40 ppm paklobutrazolün fide başına 0,5 ml ve 1+1 şeklinde verilmesi en etkili sonuç olarak belirlenmiştir. Paklobutrazol uygulamaları ile gövde çapı arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Benzer şekilde uygulamalar ile yaprak sayısı arasında da bir ilişki bulunmamıştır. Sonuç olarak, paklobutrazolün fide kalitesini önemli düzeyde artırırken, uygulama şekli, uygulama dozu ve miktarına bağlı olarak fide kalitesinde önemli gerilemeler de meydana gelmektedir.</p>

^a yasemin.aktas@tarimorman.gov.tr
^c emine.polat5219@gop.edu.tr

^b <https://orcid.org/0009-0002-2412-2953>
<https://orcid.org/0000-0001-5839-9921>

^b naif.gebologlu@gop.edu.tr ^b <https://orcid.org/0000-0003-2495-7088>



Giriş

Fide yetiştiriciliği birim alanda mümkün olan en fazla sayıda fide yetiştirmeyi amaçlar. Bu nedenle fideler mümkün olan en dar gözenekli viyollerde yetiştirilmektedir. Bu durum bitkilerde aşırı uzamaya neden olmaktadır. Hücre bölünmesinin hızlı olması ve hücrelerin irileşmesi cılız gövdeli, zayıf yapılı ve soluk renkli fidelerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu durumda fidecilikte bitki boyunun kontrol edilmesi önem kazanmaktadır. Fide yetiştiriciliğinde geçmişte fide boyunu kontrol etmek için değişik uygulamalar yapılmıştır. Işık şiddetinin ayarlanması, gölgeleme, ışık filtreleri kullanılması, fırçalama ve sallama gibi mekanik uygulamalar ve sulama suyu ve gübreleme uygulamaları ile fide boyu kontrol edilmeye çalışılmıştır (Latimer, 1994; Rajapakse, 1999; Rajapakse ve Li, 2002; Cerny ve ark., 2004; Runcle, 2010; Liu ve ark., 2012). Çevresel faktörlerin kontrol edilmesi ve mekanik uygulamalar dışında fide boyunu kontrol etmek maksadıyla değişik bitki büyüme düzenleyiciler de denenmiştir.

Stres oluşturan uygulamalar ve ekolojik faktörlerin fidelerde istenen kalite özelliklerini oluşturmaması fide üreticilerini ve araştırmacıları alternatif konulara yönlendirmiştir. Bu süreçte sebzelerde tohumlara ve fidelere erken dönemde bitki büyüme düzenleyici kimyasallar uygulanmaya başlanmıştır. Fidelere uygulanan büyüme geciktiriciler sentetik bileşikler olup, bu bileşikler bitkilerde fitotoksik etki oluşturmamakta, verim ve kalitede kayıplara neden olmamaktadır. Etki mekanizmaları hücre bölünmesini yavaşlatmak ve hücre uzamasını engellemek şeklinde seyretmektedir. Fidelere uygulanan büyüme geciktiriciler bitkide gibberellin sentezini yavaşlatmakta ve/veya geçici olarak durdurmaktadır. Uygun koşullar altında bitkiler büyümelerini sürdürürken GA sentezlemektedir. Büyüme geciktiriciler kullanıldığında bitkide GA sentezi azalmakta, stres koşullarında olduğu gibi absisik asit (ABA) sentezi artmaktadır (Rademacher, 2000).

Fidelere büyüme geciktirici olarak en çok denen kimyasallar daminozid, unikalol, cloromequatclorid ve paklobutrazol olmuştur. Bu kimyasallar arasında en çok kabul göreni paklobutrazol olmuştur. Sebze fidesi yetiştiriciliğinde paklobutrazol alternatifsiz tek büyüme geciktirici olarak kullanılmaktadır (Wang ve Gregg, 1990; Latimer, 1992; Whipker ve Dasoju, 1998; Pasian ve Bennett, 2001; Di Benedetto ve Klasman, 2007; Geboloğlu ve ark., 2015; Geboloğlu ve ark., 2016). Paklobutrazol esas olarak bitki kökleri tarafından alınmaktadır. Bu nedenle sulama suyu ile birlikte veya sprey şeklinde yaprak ve gövdeye uygulandıktan kısa süre sonra (yaklaşık 10 dk) sulama suyu verilmesi tercih edilmektedir. Kökten alınmasının yanında az miktarda gövdeden de alınmaktadır. Fidencilik sektöründe paklobutrazolun uygulanma şekli ve dozu türlere, yetiştirme mevsimine ve fidenin büyüklüğüne göre farklılıklar göstermektedir. Ayrıca paklobutrazol uygulamasında doz yetersizliği istenen kontrolü sağlamadığı gibi aşırı doz kullanılması fidelere kalıcı duraklamaya neden olmaktadır.

Hıyar, sebze türleri arasında fidesi en çok kullanılan türlerden biridir. Hıyar fidelinde kalite ve boy üzerine daminozid ve chlormaquat chloridin daha düşük etki yaptığı, buna karşın paklobutrazolun daha fazla etkili

olduğu bilinmektedir. Hıyar, kavun, karpuz ve kabakta fide yetiştiriciliğinde paklobutrazol uygulamaları klorofil içeriğini artırırken, fide boyunda azalmaya neden olmakta ve fide kalitesini artırmaktadır (Flores ve ark., 2018). Hıyarda paklobutrazol uygulamalarının çiçeklenme (Globerson, 1988; Kazemi, 2013), verim (Caprita ve Caprita, 2005), stres koşullarına karşı etkisi (Magnitskiy, 2004), çimlenme (Zhu, ve ark., 2016) ve düşük sıcaklık koşullarına etkisi (Whitaker ve Wang, 1987) konusunda değişik çalışmalar yapılmasına karşılık fide yetiştiriciliğinde boy kontrolü konusunda detaylı çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada hıyarda fide yetiştiriciliğinde paklobutrazolun farklı doz ve uygulama şekillerinin boy kontrolü ve fide kalite parametrelerine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışması Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme arazisinde kurulu booom sulama sistemli, gübre ve sulama otomasyonlu ve kısmi klima kontrollü fide serasında yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak Dörtel F1 (Yüksel Tohum) hıyar çeşidi, paklobutrazol kaynağı olarak Cultar (250 g L⁻¹ paclobutrazol, 23% w/w, Syngenta) kullanılmıştır. Fide yetiştirme ortamı olarak 70:30 oranında torf:perlit karışımı, nem muhafazası için tohum ekiminden sonra kapak materyali olarak vermikülit kullanılmıştır. Fideler 150 gözlü viyoller içine yerleştirilmiş insörtlerde yetiştirilmiştir.

Tohum ekimleri 25 Mayıs 2019 tarihinde yapılmıştır. Tohumların çimlenmesini takip eden dönemde kotiledon yaprakları yere paralel olacak düzeye geldiklerinde birinci uygulama yapılmıştır. Aynı bitkilerde ilk gerçek yapraklar 0,5 cm çapa ulaştığında ikinci uygulama yapılmıştır. Paklobutrazol uygulamasından 10 ile 15 dakika sonra bitkilere sulama suyu verilerek uygulanan paklobutrazolün kök bölgesine ulaşması sağlanmıştır. Bu uygulama ticari fide firmalarının fide üretiminde yaygın olarak kullandıkları yöntemdir. Uygulamada 5 farklı paklobutrazol dozu (30, 40, 50 ve 60 ppm) kullanılmıştır. Kontrol parsellerinde sadece saf su uygulaması yapılmıştır. Paklobutrazol uygulamasında 2 farklı miktar (0,5-1,0 ml) denenmiştir.

Paklobutrazol Uygulamaları

Fidelere paklobutrazol uygulaması 2 farklı şekilde yapılmıştır. Birinci uygulama kotiledon yaprakları yere paralel olduğu dönemde yapılmış ve sonrasında herhangi bir uygulama yapılmamıştır (1+0). İkinci uygulama hem kotiledon yaprakları yere paralel olduğu dönemde, hem de ilk gerçek yapraklar 0,5 cm çapa ulaştığında olacak şekilde iki sefer yapılmıştır (1+1).

Gübreleme ve Sulama

Fidelerin yetiştirilmesinde en önemli faktörlerden biri gübrelemedir. Özellikle makro besin elementleri doğru zaman ve doğru oranlarda verilmezse fide kalitesinde önemli kayıplar ortaya çıkmaktadır. Bu konuda incelenen literatür bilgilerinde farklı önerilerle karşılaşılmaktadır (Mortley ve Ntibashirwa, 2012; Liu ve ark., 2012;

Haddanshahian ve ark., 2014). Projede gübreleme programı literatür verileri ve önceki çalışmalardan edinilen tecrübeler doğrultusunda hazırlanmıştır. Bunun için Hoagland ve Arnon (1950)'nin önerdiği konsantrasyonlar modifiye edilerek gübreleme programı uygulanmıştır. Denemede gübreleme sulama suyu ile beraber verilmiştir. Dolayısıyla her sulamada gübreleme de yapılmıştır. Fidelerde çıkış tamamlandıncaya kadar gübreleme yapılmamıştır. Besin solusyonları tohum ekiminden 7 gün sonra vermeye başlanmıştır. İlk gerçek yapraklar oluşuncaya kadar EC 1,3 dS/m; ilk gerçek yapraklardan 3 yapraklı döneme kadar EC 1,6 dS/m ve bundan sonra fide evresinin sonuna kadar EC 2,2 dS m⁻¹ olacak şekilde gübreleme yapılmıştır. Fide yetiştirme dönemi boyunca çözeltinin pH'sı 6,3±2'ye ayarlanmıştır. Gübrelemede ticari fide yetiştiriciliğinde en çok tercih edilen ve etkisi oldukça iyi olan özel şelath Peter's gübreler kullanılmıştır.

Gözlemler

Tohum ekiminden 35 gün sonra hıyar fidelerinin yetiştiriciliği tamamlanmış ve fideler çeşme suyu altında kökleri kopmayacak şekilde yıkanmış ve oda sıcaklığında gölgede yıkama suyu uzaklaşıncaya kadar beklenmiş ve ardından gözlemler yapılmıştır. Çalışmada fide boyu (cm), gövde uzunluğu (cm), gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet/ bitki), fide yaş ağırlığı (g), fide kuru ağırlığı (g), kök yaş ağırlığı (g) ve kök kuru ağırlığı (g) incelenmiştir.

Deneme Deseni ve Verilerin Değerlendirilmesi

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede her parselde 30 fide yetiştirilmiş ve 10 fidede gözlem yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi SPSS bilgisayar paket programı kullanılarak yapılmış, çoklu karşılaştırmalarda Duncan (P≤0,05) testinden yararlanılmıştır (IBM SPSS statistics 20.0).

Bulgular ve Tartışma

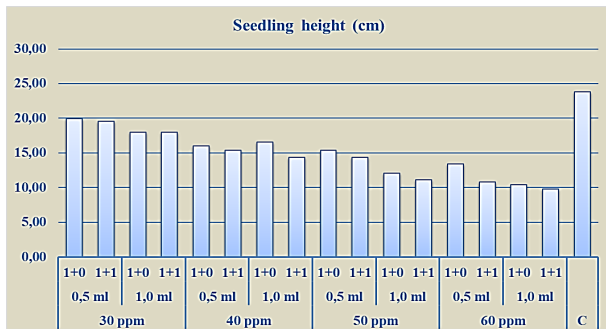
Paklobutrazol uygulamaları fide boyu ve gövde uzunluğunda önemli düzeyde azalmaya neden olmuştur. Paklobutrazol miktarı arttıkça fide boyu ve gövde uzunluğundaki azalış devam etmiştir. Ticari hıyar fidesi yetiştiriciliğinde en çok üzerinde durulan kriter fide boyu ve gövde uzunluğu olduğu için çalışmada da uygun doz önerisinde birinci derecede bu iki özellik kriter olarak alınmıştır. Buna göre 30 ve 40 ppm paklobutrazolun fide

başına 0,5 ml ve 1+1 şeklinde verilmesi en etkili sonuç olarak belirlenmiştir (Şekil 1 ve 2).

Daha yüksek dozlarda ise fide boyu ve gövde uzunluğu önemli ölçüde kısa kalmış ve fide kalitesi bozulmuştur. Literatürde de hıyarın yanı sıra değişik bitki türlerinde paklobutrazolun bitki boyunu kontrol etmede etkili olduğu belirtilmektedir. Flores ve ark. (2018) ile Tang ve ark. (2008) hıyarda, Benett (2014) ile Still ve ark. (2003) domateste, Geboloğlu ve ark. (2015) patlıcanda fide yetiştiriciliğinde paklobutrazolun fide boyunu kontrol etmede oldukça etkili olduğunu belirtmektedirler. Ayrıca Guang-sheng (2011), hıyarda fide yetiştiriciliğinde paklobutrazolun kaliteli fide için oldukça önemli bir büyüme düzenleyici olduğunu, kaliteli fide üretimi için 10-30 ppm paklobutrazol dozunun uygun olduğunu, doz kadar önemli diğer bir faktörün de uygulama zamanı olduğunu ve ilk uygulamanın çıkıştan 10 gün sonra ve ikinci uygulamanın çıkıştan 15 gün sonra yapılması gerektiğini, erken veya geç dönemde yapılan uygulamalarda kalitenin bozulduğunu belirtmektedir.

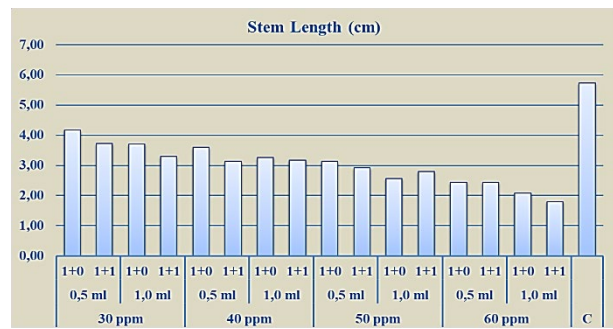
Denemede paklobutrazolun gövde çapına etkisi bakımından anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Paklobutrazol uygulaması bazı doz ve miktarlarda gövde çapını artırırken, genellikle kontrole yakın sonuçlar elde edilmiştir. Doz ve uygulama miktarı arttıkça gövde çapının da düşük düzeylerde olsa da arttığı görülmüştür (Şekil 3). Benzer sonuçlar Tang ve ark. (2008) tarafından da bulunmuş ve araştırmacılar hıyar fidelerine paklobutrazol uygulamasının gövde çapına önemli bir etkisinin olmadığını belirlemişlerdir.

Paklobutrazol uygulaması ile yaprak sayısı arasında anlamlı bir ilişkiden söz etmek mümkün olmamıştır. Yaprak sayısı kontrol uygulamasının altında kalmış veya yakın çıkmıştır. Sadece düşük dozlarda kontrolden biraz daha yüksek yaprak sayıları elde edilebilmiştir. Ancak bu uygulamalar da fide kalitesi açısından önerilen doz ve miktarlar değildir. Yaprak sayısı fide aşamasında belirleyici bir kriter olmamakla beraber dikimden sonraki dönemlerde bitkide oluşacak yaprak sayılarını belirlemede uygulamalar etkili olmaktadır. Düşük ve ideal dozlar kontrole yakın sonuçlar verirken yüksek dozlarda yaprak sayılarında düşüşler meydana gelmiştir (Şekil 4). Literatürde değişik bitki türleri ile yapılan çalışmalarda paklobutrazol uygulamalarının genelde yaprak sayısını azaltıcı etki yaptığı vurgulanmaktadır (Hazar ve Bora, 2018; Berova ve Zlatev, 2000).



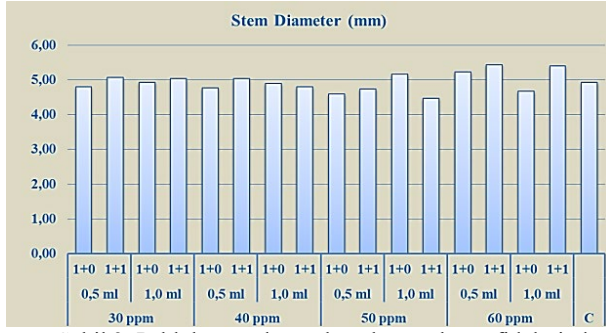
Şekil 1. Paklobutrazol uygulamalarının hıyarda fide boyuna etkisi

Figure 1. Effect of paclobutrazol applications seedling height of cucumber



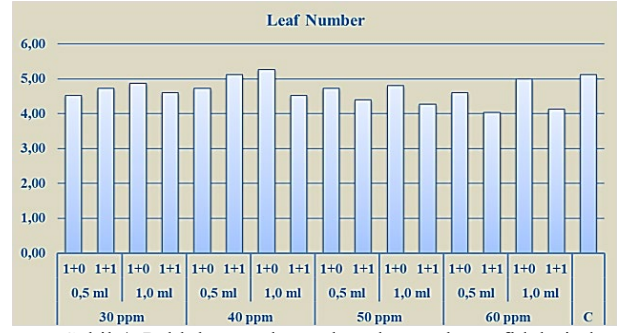
Şekil 2. Paklobutrazol uygulamalarının hıyar fidelerinde gövde uzunluğuna etkisi

Figure 2. Effect of paclobutrazol doses on stem length of cucumber seedlings



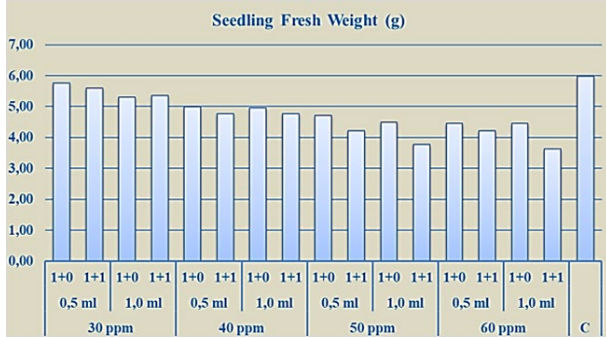
Şekil 3. Paklobutrazol uygulamalarının hıyar fidelerinde gövde çapına etkisi

Figure 3. Effect of paclobutrazol applications on seedling diameter of cucumber



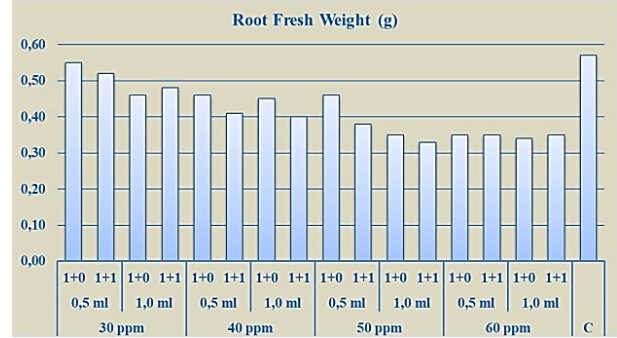
Şekil 4. Paklobutrazol uygulamalarının hıyar fidelerinde yaprak sayısına etkisi

Figure 4. Effect of paclobutrazol on leaf number of cucumber seedlings



Şekil 5. Paklobutrazol uygulamalarının hıyarda fide yaş ağırlığına etkisi

Figure 5. Effect of paclobutrazol on seedling fresh weight of cucumber



Şekil 6. Paklobutrazol uygulamalarının hıyar fidelerinde kök yaş ağırlığına etkisi

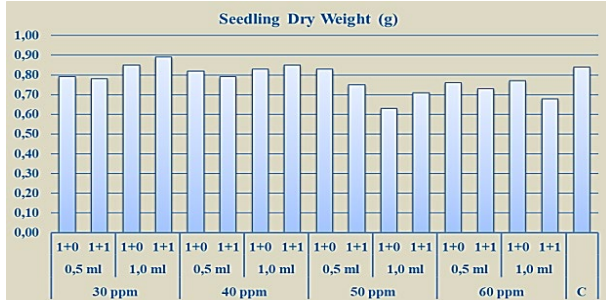
Figure 6. Effect of paclobutrazol on root fresh weight of cucumber seedlings

Paklobutrazol uygulamasının fidelerde kontrole göre fide yaş ağırlığını azaltması beklenen sonuçlardandır. Denemede paklobutrazol uygulamaları içinde en uygun uygulama baz alındığından bu aşamada kontrol bitkilerinde aşırı uzama meydana gelmektedir. Kontrol bitkileri daha hızlı büyümesine rağmen cılız ve aşırı uzun gövde yapısı, fidelerde karbonhidrat birikiminin yetersiz olması ve yapraklarda klorofil birikiminin zayıf olması gibi nedenlerle kalite oluşmamaktadır. Bu tür fideler dikildiklerinde erken dönemde yapraklarda ve gövdede güneş yanıklıkları oluşmakta, kök oluşumu ve gövde gelişimi yavaşlamaktadır. Çalışmada kontrol bitkilerinin yaş ağırlıkları daha yüksek çıkmıştır. Artan paklobutrazol dozları yaş ağırlığın azalmasına neden olurken, dozun yanı sıra uygulanan paklobutrazol miktarındaki artış ve paklobutrazolün çift uygulaması fide yaş ağırlığında linear bir azalmaya neden olmuştur (Şekil 5). Paklobutrazolün fide yaş ağırlığında azalmaya neden olması bitkide bir süre giberellik asidinin sentezlenememesi veya sentezinin düşük düzeyde kalması nedeniyle hücre bölünmesi ve büyümesinde meydana gelen yavaşlama ve duraklamadan kaynaklanmaktadır. Paklobutrazol uygulaması ile kök yaş ağırlıkları arasındaki ilişkiye bakıldığında paklobutrazol uygulamasının bütün uygulamalarda kök yaş ağırlığında önemli düzeyde azalmaya neden olduğu görülmektedir (Şekil 6). Artan paklobutrazol doz ve miktarları kök yaş ağırlığında linear bir azalmaya neden olmuştur. Doz ve miktar dışında uygulama zamanları da etkili olmuş ve 1+1 uygulamasında kök yaş ağırlığı daha düşük gerçekleşmiştir. Orabi ve ark. (2010), paklobutrazolün hıyarda yaprak ağırlığında azalmaya neden olduğunu, Flores ve ark. (2018), kotiledon aşamasında paklobutrazol uygulanan hıyar fidelerinin yaprak alanında azalma

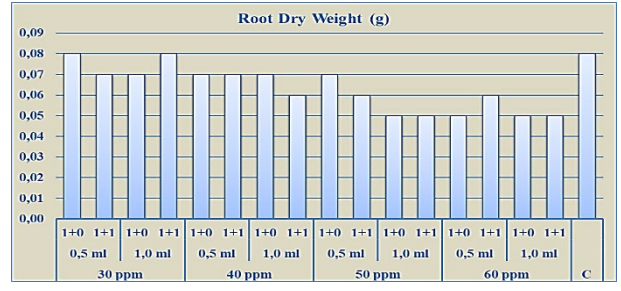
meydana geldiğini, Tang (2008), paklobutrazolün hıyar fidelerinin yaprak alanında azalmaya neden olurken, biyomasi etkilemediğini, Özgür (2011) ise hıyar tohumlarına paklobutrazol uygulamasının fide yapraklarında önemli düzeyde azalmaya neden olduğunu belirtmektedirler.

Denemede paklobutrazol uygulamasının fidelerde kök yaş ağırlığına etkisi farklılıklar göstermiştir. Fidelerde % kuru ağırlık düşük paklobutrazol dozlarında kontrole göre daha düşük çıkarken, 50 ve 60 ppm paklobutrazol dozlarında kontrolden daha yüksek çıkmıştır. Bununla beraber paklobutrazol uygulaması ile fide kuru ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Denemede 30, 40, 50 ve 60 ppm paklobutrazolün bazı uygulamalarında kuru ağırlık yükselirken, bazı uygulamalarında düşük çıkmıştır. Kök kuru madde miktarı ile paklobutrazol arasındaki ilişki de anlamlı bulunmamıştır. Özgür (2011), hıyar tohumlarına 500 ve 1000 ppm paklobutrazol uygulamasının kök ve fide kuru ağırlıklarında önemli düzeyde azalmaya neden olduğunu, Flores ve ark. (2018) ise 150 mg.l⁻¹ paklobutrazol uyguladıkları hıyar fidelerinde fide kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığının kontrole göre daha yüksek olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacıların kullandıkları paklobutrazol dozunun denemede kullanılan dozlardan daha yüksek olması dikkat çekmektedir. Zira denemede de yüksek paklobutrazol dozlarında kök ve fide kuru ağırlıklarında artış gerçekleşmiştir (Şekil 7 ve 8).

Paklobutrazolün uygulama dozları, uygulama miktarları, uygulama zamanları ve uygulamaların interaksyonları incelendiğinde genelde fide parametrelerine etkilerinin önemli çıktığı, interaksyonlarda önem düzeylerinin düşük düzeyde kaldığı görülmektedir (Çizelge 1).



Şekil 7. Paklobutrazol uygulamalarının hıyarda fide kuru ağırlığına etkisi
Figure 7. Effect of paclobutrazol on seedling dry weight in cucumber



Şekil 8. Paklobutrazol uygulamalarının hıyar fidelerinde kök kuru ağırlığına etkisi
Figure 8. Effect of paclobutrazol on root dry weight of cucumber seedlings

Çizelge 1. Paklobutrazol uygulamalarının ve interaksiyonların hıyarda fide parametrelerine etkisi

Table 1. Effect of paclobutrazol applications and interactions on seedling parameters of cucumber

	Fide Boyu (cm)	Yaprak Sayısı (Adet)	Gövde Çapı (mm)	Gövde Uzunluğu (cm)	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Fide Yaş Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Fide Kuru Ağırlığı (g)
Doz (ppm)								
30	18,87 b	4,68 abc	4,96 ab	3,73 b	0,501 b	5,51 b	0,074 b	0,827 a
40	15,58 c	4,92 ab	4,88 ab	3,29 c	0,429 c	4,87 c	0,069 c	0,822 a
50	13,23 d	4,55 bc	4,74 b	2,86 d	0,380 d	4,30 d	0,057 d	0,732 b
60	11,11 e	4,44 c	5,18 a	2,19 e	0,345 e	4,19 d	0,052 e	0,736 b
Kontrol	23,85 a	5,13 a	4,93 ab	5,73 a	0,568 a	5,99 a	0,079 a	0,840 a
	***	*	**	**	**	**	**	**
Miktar (ml)								
0,5	15,60 b	4,61 b	4,96	3,20 b	0,434 b	4,84 b	0,066 b	0,783
1,0	13,79 c	4,68 b	4,92	2,84 c	0,393 c	4,59 c	0,060 c	0,776
Kontrol	23,85 a	5,13 a	4,93	5,73 a	0,568 a	5,99 a	0,079 a	0,840
	**	*	ö.d.	**	**	**	**	ö.d.
Uygulama Zamanı								
1+0	15,22 b	4,82 ab	4,88	3,12 b	0,425 b	4,89 c	0,064 b	0,786
1+1	14,17 c	4,48 b	5,00	2,91 b	0,402 b	4,54 c	0,062 b	0,772
Kontrol	23,85 a	5,13 a	4,93	5,73 a	0,568 a	5,99 a	0,079 a	0,840
	**	**	ö.d.	**	**	**	*	ö.d.
Doz x Miktar								
30 × 0,5	19,76 ab	4,63	4,93 b	3,95 b	0,533 a	5,68	0,074 ab	0,785 b
30 × 1,0	17,97 b	4,73	4,98 b	3,50 b	0,470 ab	5,34	0,074 ab	0,869 a
40 × 0,5	15,68 bc	4,93	4,90 b	3,37 b	0,434 b	4,88	0,073 ab	0,808 ab
40 × 1,0	15,48 bc	4,90	4,85 b	3,22 b	0,424 b	4,86	0,064 b	0,837 a
50 × 0,5	14,86 bc	4,57	4,67 c	3,03 b	0,421 b	4,47	0,062 b	0,792 ab
50 × 1,0	11,60 c	4,53	4,82 bc	2,68 bc	0,338 bc	4,13	0,052 bc	0,673 d
60 × 0,5	12,09 c	4,32	5,33 a	2,43 bc	0,350 bc	4,34	0,055 bc	0,747 cd
60 × 1,0	10,13 c	4,57	5,03 a	1,94 c	0,341 bc	4,04	0,050 bc	0,725 c
Kontrol	23,85 a	5,13	4,93	5,73 a	0,568 a	5,99	0,079 a	0,840 a
	**	ö.d.	*	*	**	ö.d.	*	**
Doz × Uygulama Zamanı								
30 × 1+0	18,95	4,70	4,87	3,93 b	0,502 a	5,54 a	0,074	0,821
30 × 1+1	18,78	4,67	5,05	3,52 b	0,501 a	5,47 a	0,074	0,833
40 × 1+0	16,30	5,00	4,83	3,43 b	0,456 ab	4,97 ab	0,072	0,824
40 × 1+1	14,86	4,83	4,92	3,15 b	0,402 ab	4,77 ab	0,066	0,821
50 × 1+0	13,72	4,77	4,88	2,85 bc	0,403 ab	4,61 ab	0,059	0,734
50 × 1+1	12,74	4,33	4,60	2,86 bc	0,356 bc	4,00 bc	0,055	0,731
60 × 1+0	11,92	4,80	4,95	2,26 c	0,341 c	4,45 ab	0,052	0,766
60 × 1+1	10,29	4,08	5,42	2,12 c	0,350 bc	3,93 c	0,053	0,705
Kontrol	23,85	5,13	4,93	5,73 a	0,568 a	5,99 a	0,079	0,840
	ö.d.	ö.d.	ö.d.	*	**	**	ö.d.	ö.d.
Miktar × Uygulama Zamanı								
0,5 × 1+0	16,17 b	4,65	4,85	3,33 b	0,452 b	4,98	0,068	0,803
0,5 × 1+1	15,03 b	4,58	5,07	3,06 b	0,417 b	4,70	0,064	0,763
1,0 × 1+0	14,28 bc	4,98	4,92	2,90 b	0,399 b	4,80	0,060	0,769
1,0 × 1+1	13,31 c	4,38	4,93	2,77 b	0,388 b	4,38	0,060	0,782
Kontrol	23,85 a	5,13	4,93	5,73 a	0,568 a	5,99	0,079	0,840
	*	ö.d.	ö.d.	*	*	ö.d.	ö.d.	ö.d.

* ve ** uygulamalar arasındaki farkların sırasıyla 0,01 ve 0,05 düzeyinde önemli olduğunu, ö.d. ise farkların önemsiz olduğunu gösterir.; * and ** indicate that the differences between the treatments are significant at the 0.01 and 0.05 levels, respectively, while ö.d. indicates that the differences are insignificant.

Sonuç

Sonuç olarak, hıyar fidelerinin yetiştirilmesinde istenen özelliklerde fide kalitesinin sağlanması için paklobutrazol zorunlu olarak kullanılmaktadır. Paklobutrazol uygulamasında doz ve miktar ayarlaması öne çıkmaktadır. Düşük doz ve miktar fidelerde aşırı uzamaya neden olurken, özellikle yüksek dozlar fidelerde duraklamaya neden olmaktadır. Her iki durumda da fide kalitesi olumsuz etkilenmektedir. Bu çalışmada hıyarda kaliteli ve sağlıklı fide yetiştirmek için 30 ve 40 ppm paklobutrazolün fide başına 0,5 ml ve 1+1 şeklinde uygulanması en etkili uygulama olarak belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2019/10 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Caprita, A., & Caprita, R. (2005). Plant growth retardants for the treatment of vegetables used as raw materials for the food industry. *Agroalimentary Processes and Technologies*, 11 (1), 173-178.
- Di Benedetto, A., & Klasman, R. (2007). The effects of plug cell volume, paclobutrazol height control and the transplant stage on the post-transplant growth of *Impatiens wallerana* pot plant. *European Journal of Horticultural Science*, 193- 197.
- Flores, L.L.C., Alcaraz, T.D.J.V., Ruvalcaba, L.P., Valdés, T.D., Tafoya, F.A., Torres, N.D.Z., & Juárez, M.G.Y. (2018). Paclobutrazol applied 28 on cotyledonal leaves and quality of cucumber, squash, melon and watermelon seedlings. *Agricultural Sciences*, 9(03), 264 – 71.
- Geboloğlu, N., Durukan, A., Sağlam, N., Doksöz, S., Şahin, S., & Yılmaz, E. (2015). Patlıcanda fide gelişimi ve fide kalitesi ile paclobutrazol uygulamaları arasındaki ilişkiler. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1), 62-66.
- Geboloğlu, N., Kum, A. D., Şahin, S., Boncukçu, S. D., & Sağlam, N. (2016). Paklobutrazolün marulda fide boyu ve kalite özelliklerine etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 9(2), 26-29.
- Globerson, D., Mills, M., Ben Yehuda, J. R. W., Levy, M., & Eliassy, R. (1988). Effects of paclobutrazol (PP333) on flowering and seed production of onion, cucumber and carrot. In IV International Symposium on Seed. Research in Horticulture 253: 63-72.

- Kazemi, M. (2013). Response of cucumber plants to foliar application of calcium chloride and paclobutrazol under greenhouse conditions. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.*, 2 (11), 15-18.
- Latimer, J. G. (1992). Drought, paclobutrazol, abscisic acid, and gibberellic acid as alternatives to daminozide in tomato transplant production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117 (2), 243-247.
- Latimer, J. G. (1994). Brushing Reduces Thrips and Aphid Populations on Some Greenhouse-grown Vegetable Transplants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 29 (11). 1279 -1281.
- Liu, J., Leatherwood, W. R., & Mattson, N. S. (2012). Irrigation method and fertilizer concentration differentially alter growth of vegetable transplants. *Hort Technology*, 22(1), 56-63.
- Magnitskiy, S. V. (2004). Controlling Seedling Height by Treating Seeds With Plant Growth Regulators. (Doctoral dissertation), The Ohio State University.
- Özğür, M. (2011). Growth control in cucumber seedlings by growth regulators application. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17 (1), 99-106.
- Pasian, C. C., & Bennett, M. A. (2001). Paclobutrazol soaked marigold, geranium, and tomato seeds produce short seedlings. *HortScience*, 36 (4), 721-723.
- Rademacher, W. (2000). Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 51, 501-31.
- Rajapakse, N. C., & Li, S. (2002). Exclusion of far red light by photosensitive greenhouse films reduces height of vegetable seedlings. In XXVI International Horticultural Congress: Issues and Advances in Transplant Production and Stand Establishment Research 631 (pp. 193-199).
- Rajapakse, N. C., Young, R. E., McMahon, M. J., & Oi, R. (1999). Plant height control by photosensitive filters: current status and future prospects. *HortTechnology*, 9(4), 618-624.
- Runcle, E. (2010). Height control for vegetable transplants. *Greenhouse Product News*, 2, 50.
- Wang, Y. T., & Gregg, L. L. (1990). Uniconazole controls growth and yield of greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae*, 43(1), 55-62.
- Westwood, M.N. (1993). Hormones and Growth Regulators, Temperate Zone Pomology: Physiology and Culture. Timber Press Inc, Portland, Oregon, USA.
- Whipker, B. E., & Dasoju, S. (1998). Potted sunflower growth and flowering responses to foliar applications of daminozide, paclobutrazol, and uniconazole. *HortTechnology*, 8 (1), 86-88.
- Whitaker, B. D., & Wang, C. Y. (1987). Effect of paclobutrazol and chilling on leaf membrane lipids in cucumber seedlings. *Physiologia Plantarum*, 70(3), 404-411.
- Zhu, L. J., Deng, X. G., Zou, L. J., Wu, J. Q., Zhang, D. W. & Lin, H. H. (2016). Proanthocyanidins accelerate the germination of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds. *Journal of plant biology*, 59(2), 143-151.



Some Morphological Characteristics of Delice Local Grape Genotype of Kırıkkale Province

Nursal Koca^{1,a,*}, Şeyma Hümeýra Çakır^{1,b}, Tamer Uysal^{2,c}

¹Kırıkkale Üniversitesi Delice MYO, Kırıkkale, Türkiye

²Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tekirdağ, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 11.07.2024 Accepted : 28.08.2024</p> <p>Keywords: Genetic Diversity Sustainable Agriculture Delice grape <i>Vitis vinifera</i> Kırıkkale</p>	<p>This study aims to comprehensively examine the morphological and chemical properties of a local grape population known as “Delice Üzüümü,” which is native to the Delice district of Kırıkkale. The research includes the identification of morphological characteristics such as cluster size, berry shape, skin color, and thickness through laboratory and field studies. Additionally, the chemical composition of the grape, including parameters like soluble solid content (SSC), pH, tartaric acid content, and juice yield, was evaluated. The results indicate that Delice Üzüümü is a high-quality grape population. Morphological examinations revealed that the clusters are of medium size and density, and the berries are egg-shaped and sweet. Chemical analysis results show that the SSC is between 24-25%, the pH is 3.7, tartaric acid content is 0.416 g/L, and juice yield is between 500-550 ml. These findings support that Delice Üzüümü is suitable for both fresh consumption and the production of local products such as molasses and pestil. The study also highlights that the ecological and soil characteristics of the Delice district are favorable for grape cultivation, emphasizing the critical importance of preserving and developing local varieties for maintaining genetic diversity and biological sustainability. This research aims to reveal the agricultural and economic potential of local grape varieties, contributing to future studies and sustainable agricultural practices.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1914-1921, 2024

Kırıkkale Delice İlçesi Yerel Üzüm Popülasyonunun Bazı Morfolojik Özellikleri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 11.07.2024 Kabul : 28.08.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Genetik Çeşitlilik Sürdürülebilir Tarım Delice Üzüümü <i>Vitis vinifera</i> Kırıkkale</p>	<p>Bu çalışma, Kırıkkale'nin Delice ilçesine özgü yerel bir üzüm popülasyonu olan “Delice Üzüümü”nün morfolojik ve kimyasal özelliklerini detaylı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, Delice Üzüümü'nün salkım büyüklüğü, tane şekli, kabuk rengi ve kalınlığı gibi morfolojik özellikleri laboratuvar ve saha çalışmaları ile belirlenmiştir. Ayrıca, üzümün kimyasal bileşimi, suda çözünür kuru madde (SÇKM) oranı, pH değeri, tartarik asit miktarı ve şıra randımanı gibi parametreler üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Delice Üzüümü'nün yüksek kaliteli bir üzüm popülasyonu olduğunu göstermektedir. Morfolojik incelemelerde, salkımların orta büyüklükte ve sıklıkta, tanelerin ise yumurta şeklinde ve tatlı olduğu belirlenmiştir. Kimyasal analiz sonuçları, SÇKM oranının %24-25, pH değerinin 3.7, tartarik asit miktarının 0.416 g/L ve şıra randımanının 500-550 ml olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, Delice Üzüümü'nün hem sofralık tüketim hem de pekmez ve pestil gibi yöresel ürünlerin yapımında kullanılabilirliğini desteklemektedir. Çalışma, aynı zamanda Delice ilçesinin ekolojik ve toprak özelliklerinin üzüm yetiştiriciliği için uygun olduğunu, bu nedenle yerel çeşitlerin korunması ve geliştirilmesinin genetik çeşitlilik ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi açısından kritik önem taşıdığı vurgulamaktadır. Bu çalışma, yerel üzüm çeşitlerinin tarımsal ve ekonomik potansiyelini ortaya koyarak, gelecekteki araştırmalara ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkıda bulunmayı hedeflemektedir.</p>

^a nursalkoca@kku.edu.tr
^c tameru48@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-6332-6230>
^d <https://orcid.org/0000-0003-0171-0605>

^b humeyracakir@kku.edu.tr ^d <https://orcid.org/0000-0003-3161-2117>



Giriş

Üzüm, dünya çapında en yaygın yetiştirilen ve ticareti yapılan tarım ürünlerinden biridir. Hem taze tüketimi hem de şarap, pekmez, kuru üzüm gibi işlenmiş ürünlerde kullanılması, üzümü ekonomik olarak önemli kılmaktadır. Türkiye, üzüm üretiminde köklü bir geçmişe ve geniş bir çeşitliliğe sahiptir. Ülkemizde bağcılık kültürü, tarih boyunca hem ekonomik hem de kültürel açıdan büyük bir öneme sahip olmuştur. Bağcılığın ve üzüm üretiminin gelişimi, yerel ekonomilerin güçlenmesine ve kültürel mirasın korunmasına katkı sağlamaktadır. Asma bitkisi (*Vitis vinifera* L.), Vitaceae familyasına ait olup, 60'tan fazla türü barındıran *Vitis* cinsinin bir üyesidir (Ardenghi ve ark., 2014). *Vitis vinifera*, dünya genelinde en yaygın olarak yetiştirilen ve ekonomik değeri yüksek olan üzüm türüdür (Dallakyan ve ark., 2020). Bu tür, hem sofralık üzüm hem de şarap, pekmez, kuru üzüm gibi işlenmiş ürünler için kullanılır.

Üzüm çeşitliliği, bağcılık ve şarapçılık endüstrilerinde kritik bir rol oynamaktadır, çünkü çeşitlilik, farklı iklim ve toprak koşullarına uyum sağlamayı ve hastalıklara karşı direnç geliştirmeyi mümkün kılar (Emanuelli ve ark., 2013). Üzümün genetik çeşitliliği, farklı lezzet profilleri ve morfolojik özellikler sunarak tüketici taleplerine cevap verebilir ve ekonomik değeri artırır (Migicovsky ve ark., 2017). Üzüm çeşitliliği, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve ekosistem sağlığı açısından da önemlidir. Çeşitli üzüm türleri, farklı ekolojik koşullara uyum sağlama yetenekleri sayesinde, küresel iklim değişikliklerine karşı tarımın dirençliliğini artırır. Farklı üzüm çeşitleri, değişen iklim koşullarına ve hastalıklara karşı direnç sağlayarak tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini artırır (Cardone ve ark., 2016). Ayrıca, çeşitlilik şarap kalitesini ve lezzet profilini zenginleştirir, tüketici tercihlerine hitap eden geniş bir ürün yelpazesi sunar (Pelsy ve ark., 2010).

Yerel üzüm çeşitlerinin geliştirilmesi ve korunması, genetik çeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşır. Modern tarım uygulamaları ve küresel pazar eğilimleri, genetik çeşitliliğin azalması riskini artırarak birçok yerel çeşidin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmasına neden (Gonçalves & Martins, 2022). Bu durum, bağcılığın tarihsel ve doğal karakterini korumak, ekonomik değeri yüksek ürünler elde etmek ve gelecekteki çevresel değişikliklere uyum sağlamak açısından yerel çeşitlerin korunmasını zorunlu kılmaktadır (Maras ve ark., 2019). Yerel üzüm çeşitleri, buldukları bölgenin iklim ve toprak koşullarına mükemmel uyum sağlamış genetik özellikler taşır. Bu çeşitlerin korunması ve geliştirilmesi, yerel tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlar ve bölgesel ekonomik kalkınmaya katkıda bulunur (Sancho-Galán ve ark., 2020). Ayrıca, yerel çeşitlerin korunması, genetik çeşitliliğin azalmasını önler ve biyolojik çeşitliliği destekler (Vafae ve ark., 2017).

Literatürde, üzüm çeşitlerinin genetik ve morfolojik özelliklerinin incelendiği birçok çalışmada bulunmaktadır. Emanuelli ve ark. (2013) tarafından, 2273 farklı üzüm genotipi üzerinde yaptıkları çalışmada, üzüm çeşitlerinin genetik çeşitliliği SSR (Simple Sequence Repeats) ve SNP (Single Nucleotide Polymorphisms) markörleri kullanarak analiz edilmiş ve farklı ekolojik gruplar ile yabani üzüm çeşitleri arasında belirgin genetik ayrımlar tespit edilmiştir. Wan ve ark. (2013), 48 *Vitis* türü üzerinde yaptıkları

filogenetik analizde, üzüm türlerinin geniş bir genetik çeşitliliğe sahip olduğunu ve bu çeşitliliğin korunmasının önemini vurgulamışlardır. Maras ve ark. (2020) ise, eski bağcılık yöntemlerinin ve yerel çeşitlerin korunmasının genetik çeşitliliği artırdığını belirtmişlerdir. Prathiksha and Hegde (2022) dünya genelinde üzüm çeşitlerinin genetik farklılıklarını ve bunların tarımsal verimlilik üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Gonçalves and Martins (2022), yerel üzüm çeşitlerinin korunmasının, genetik erozyonun önlenmesi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi açısından kritik olduğunu ifade ederken, Sancho-Galán ve ark. (2020) ise yerel üzüm çeşitlerinin ekonomik ve kültürel değerine dikkat çekmiş ve bu çeşitlerin korunmasının bölgesel kalkınmaya olan katkısını vurgulamışlardır. Bu çalışmalar, üzüm çeşitliliğinin korunmasının hem tarımsal hem de ekonomik açıdan büyük bir öneme sahip olduğunu ve yerel üzüm çeşitlerinin korunmasının, genetik erozyonu önlediğini, biyolojik çeşitliliği desteklediğini ve bölgesel ekonomik kalkınmaya katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, Kırıkkale'nin Delice ilçesine özgü yerel bir üzüm popülasyonu olan "Delice Üzümü" incelenmiştir. Delice üzümü, hem sofralık tüketim için ideal olan, hem de yerel kültürel ve ekonomik açıdan büyük bir öneme sahip olan bir genotiptir. Bu çalışmanın amacı, Delice üzümünün morfolojik, kimyasal ve ekolojik özelliklerini detaylı bir şekilde inceleyerek, bu yerel genotipin tarımsal ve ekonomik potansiyelini ortaya koymaktır. Yerel üzüm genotiplerinin korunması ve geliştirilmesi konusunda gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutarak, genetik çeşitliliğin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Materyal ve Metot

Çalışma Alanı

Bu araştırma, Kırıkkale ilinin kuzeydoğusunda yer alan Delice ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Delice, 750 km²'lik bir alanı kaplamakta olup, 34 derece doğu boylamı ile 40 derece kuzey enleminin kesişim noktasında bulunmaktadır. İlçenin coğrafi konumu ve topografik yapısı, üzüm yetiştiriciliği için uygun koşullar sunmaktadır. Delice'nin, bağcılık faaliyetlerinin yoğun olarak sürdürüldüğü bir bölge olması, çalışmanın önemini artırmaktadır (Akbulut & Tuncer, 2011). Bölgenin ekolojik yapısı, üzüm yetiştiriciliğinde büyük bir öneme sahiptir. Toprak yapısı, iklim koşulları ve su yönetimi gibi ekolojik faktörler, asma bitkisinin büyüme sürecini ve son ürünün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, Delice ilçesinin ekolojik özellikleri detaylı bir şekilde incelenerek, üzüm yetiştiriciliğine uygunluğu ve bu koşulların ürün üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Toprak Analizi Metotları

Toprak örnekleri, ekim alanlarından rastgele seçilerek alınmış ve laboratuvar ortamında analiz edilmiştir. Rastgele örnekleme, toprak analizi sonuçlarının temsil edici olmasını sağlamak için gereklidir (Mylavarapu, 2009). Toprak pH değeri, elektriksel iletkenlik (EC), organik madde oranı, kireç oranı, alınabilir fosfor (P2O5) ve potasyum (K2O) miktarları gibi temel kimyasal

parametreler ölçülmüştür. pH değeri, su ile doygun toprakta potansiyometrik yöntemle belirlenirken (Thomas, 1996), EC değeri iletkenlik ölçer kullanılarak tespit edilmiştir (Rhoades, 1996). Organik madde oranı, Walkley-Black yöntemiyle (Nelson & Sommers, 1982), kireç oranı ise Scheibler kalsimetresi ile ölçülmüştür (Allison & Moodie, 1965). Alınabilir fosfor miktarı Olsen yöntemiyle (Olsen, 1954) potasyum miktarı ise alev fotometresi kullanılarak belirlenmiştir (Jackson, 1958).

Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi

Delice Üzümü'nün bazı morfolojik özellikleri, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsünde, uluslararası kavram birliğinin sağlanması amacıyla IBPGR, OIV ve UPOV'ca kabul gören ve

1983'de 'Descriptors for Grape' (Üzüm Tanımlayıcıları) ismiyle yayımlanan (Ünal & Ucaş, 2022) ampelografik tanımlama yöntemi kullanılarak detaylı bir şekilde incelenmiştir (Tomić ve ark., 2013). Bu kapsamda, genç sürgünlerin tüy yoğunluğu, yaprak üst kısmının rengi, salkım ve tane özellikleri gibi morfolojik karakteristikler değerlendirilmiştir (Alba ve ark., 2014). Genç sürgünlerin tüy yoğunluğu, antosiyanin renklenmesi, yaprakların şekli ve büyüklüğü gibi özellikler gözle kontrol edilerek kaydedilmiştir (Cervantes ve ark., 2021). Salkım büyüklüğü ve yoğunluğu, tanelerin şekli, rengi ve kabuk kalınlığı gibi parametreler ise ölçüm cihazları ve görsel değerlendirme yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir (Sabır ve ark., 2009).

Kimyasal Analiz Yöntemleri

Üzüm örneklerinden elde edilen şıralar, suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı, pH değeri, tartarik asit içeriği ve şıra randımanı gibi parametreler açısından analiz edilmiştir (Güler & Candemir, 2020). SÇKM miktarı, refraktometre kullanılarak belirlenmiştir (Shah ve ark., 2010). Üzüm sularının pH değeri, dijital pH metre ile ölçülmüştür (Wu ve ark., 2010). Tartarik asit miktarı, şıranın saf su ile seyreltilip 0.1 N NaOH ile titre edilmesiyle hesaplanmıştır (Liu ve ark., 2006). Şıra randımanı ise 1 kg üzüm örneğinden elde edilen şıra miktarının ölçülmesiyle belirlenmiştir (Fongaro ve ark., 2016).

İklim Verilerinin Toplanması ve Analizi

Delice ilçesinin iklim verileri, Kırıkkale Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Son 6 yıla ait aylık ortalama sıcaklık, maksimum ve minimum sıcaklıklar, yağış miktarları, nispi nem ve rüzgâr hızı gibi veriler toplanarak analiz edilmiştir. Bu veriler, asma bitkisinin büyüme ve gelişme dönemleri için kritik olan iklim koşullarını değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır (Caffarra & Eccel, 2011). İklim verilerinin analizi, üzüm üretimi üzerindeki iklimsel etkileri ortaya koymak için önemli bir temel sağlamaktadır (Venios ve ark., 2020).

Üretim Metotları

Delice Yerel genotipin üretim materyali genellikle daldırma yöntemiyle veya ökçeli çeliklerle sağlanmaktadır. Ancak son yıllarda Ülkemizdeki bağ alanlarının büyük bir kısmının filoksera zararlısı ile enfekte olduğu değerlendirilmektedir. Filoksera zararlısının bulunduğu alanlarda yeni bağ tesisi, "Yerinde Aşılama"

veya "Aşılı Asma Fidanları" kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Cangi ve ark., 2017). Üreticiler, sunduğu çeşitli avantajlar nedeniyle aşılı fidanlarla bağ tesisini tercih etmektedirler. Bu nedenle, Delice ilçesinde geleneksel bağcılık yöntemlerinin yerine modern bağcılık uygulamaları da tercih edilmeye başlanmış ve son yıllarda Delice bağ tesisinde Omega aşılı fidanları kullanarak Amerikan asma anaçları üzerine aşılı fidan üretimi de yaygınlaşmıştır.

Delice ilçesinde bağlar, iyi hazırlanmış arazilerde 3x3 m veya 3x2,5 m aralıklarla dikilmektedir. Yetiştirme sezonunda en az iki kez çapa işlemi yapılmakta ve ihtiyaca göre gübreleme programı uygulanmaktadır ayrıca damlama sulama yöntemi tercih edilmektedir. Budama işlemi, sürgünlere su yürümeye başlamadan önce gerçekleştirilir. Hastalık ve zararlılarla mücadele için genellikle toz kükürt kullanılmaktadır. Bu üretim metotları, Delice üzümünün doğal ve verimli bir şekilde yetiştirilmesini sağlamaktadır.

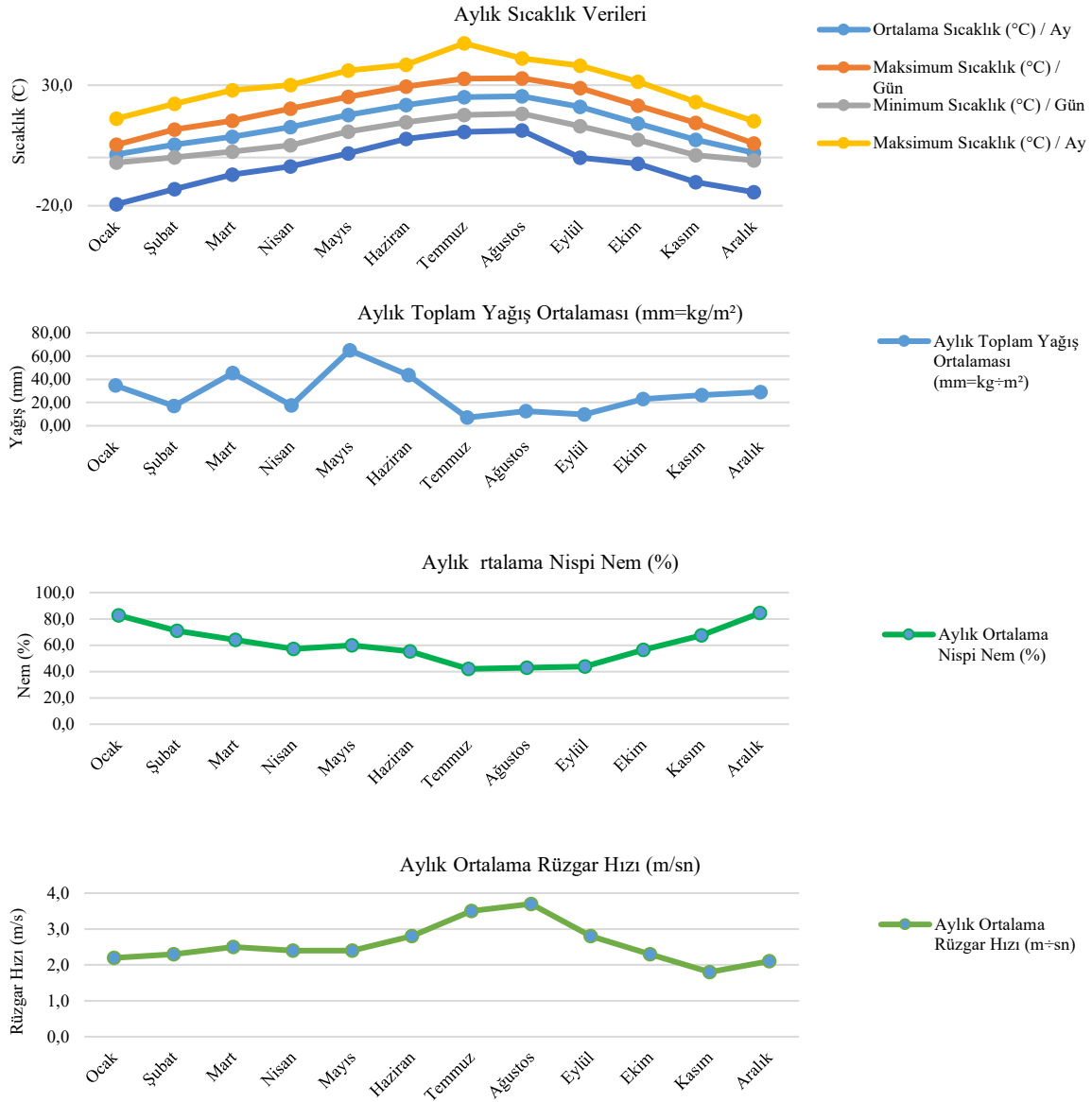
Bulgular

Ekolojik Yapı ve Toprak Analiz Sonuçları

Delice ilçesi, karasal iklim özellikleri göstermektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı geçen bu bölge, üzüm yetiştiriciliği için uygun ekolojik koşullara sahiptir. Son altı yıllık iklim verilerine göre, yıllık ortalama sıcaklık 13,5°C, en sıcak aylar Temmuz ve Ağustos (25,1°C ve 25,4°C), en soğuk ay ise Ocak (1,3°C) olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam yağış miktarı 331,19 mm olup, en fazla yağış Mayıs ayında (64,99 mm) gerçekleşmektedir. Nispi nem oranları yıllık ortalama %60,6 olup, en yüksek değer Aralık ayında %84,4, en düşük değer ise Temmuz ayında %42,0 olarak kaydedilmiştir. Bu nem oranları, üzüm bitkisinin su kaybını minimize ederek, şeker oranını ve tat kalitesini artırıcı etkiler sağlamaktadır. Rüzgâr hızı ise yıllık ortalama 2,6 m/s olup, en yüksek rüzgâr hızları ağustos ayında (3,7 m/s) gözlemlenmiştir. Rüzgâr hızlarının düşük olması, bitki üzerindeki fiziksel stresi azaltmakta ve üzümlerin daha sağlıklı gelişmesine katkıda bulunmaktadır (Müller ve ark., 2023) (Şekil 1). Delice üzümünün yetiştirildiği alanların toprak profilini temsil edecek şekilde ilçe merkezinden alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre Delice ilçesinin toprak pH değeri 7,82 (hafif alkali), EC değeri 0,51 dS/m, kireç oranı %2,02, organik madde oranı %1,30, su ile doygunluk oranı %30,80 ve toplam tuz oranı %0,01 olarak belirlenmiştir. Alınabilir fosfor (P2O5) miktarı 10,60 kg/da ve alınabilir potasyum (K2O) miktarı 42,35 kg/da seviyesindedir (Çizelge 1). Bu veriler, Delice ilçesinin toprak ve iklim koşullarının üzüm yetiştiriciliği için son derece uygun olduğunu ortaya koymaktadır.

Delice Üzümünün Morfolojik ve Kimyasal Özellikleri

Delice Üzümü salkımları orta büyüklükte ve orta sıklıktadır. Taneleri yumurta şeklinde olup, yeşil-sarı renkte ve orta kalınlıkta bir kabuğa sahiptir. Taneler oldukça tatlı ve suludur, bu nedenle genellikle sofralık olarak tüketilir. Ayrıca, yüksek şıra oranı sayesinde pekmez ve pestil gibi yöresel ürünlerin yapımında da kullanılmaktadır.



Şekil 1. Delice ilçesinde yıllık ortalama sıcaklık ve yağış (2013-2019)
Figure 1. Annual average temperature and precipitation in Delice district (2013-2019)

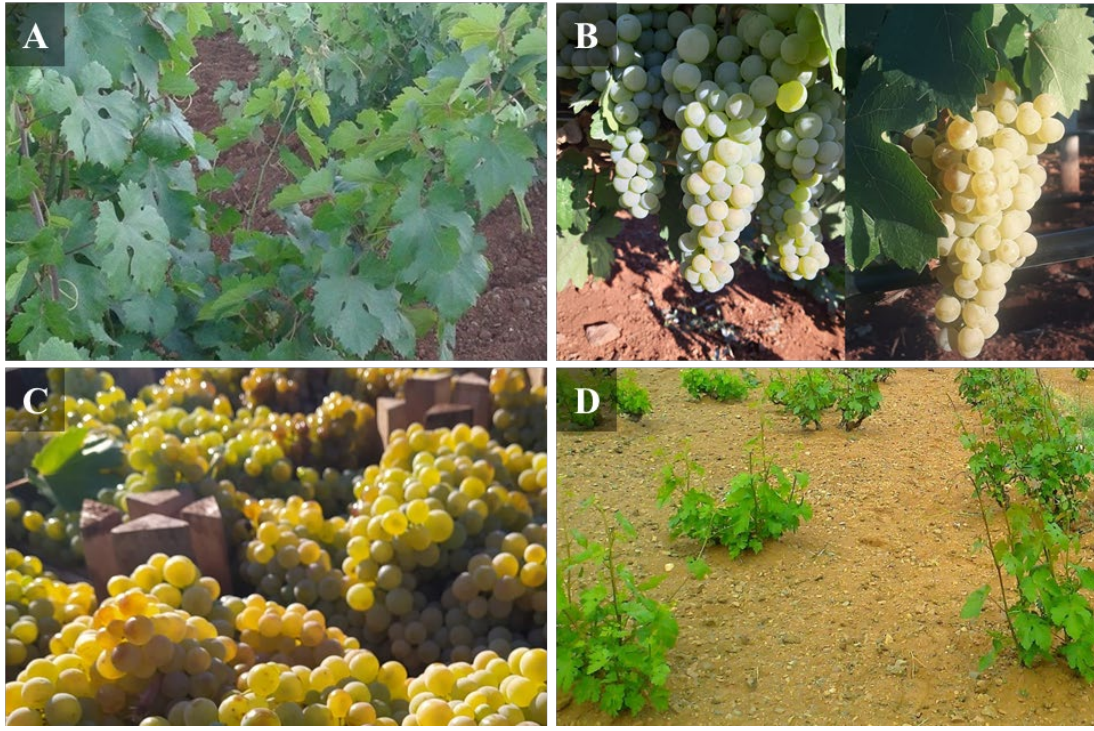
Çizelge 1. Delice İlçesi Toprak Analiz Sonuçları Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, 2019)

Table 1. Delice District Soil Analysis Results Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute, 2019)

Toprak Özellikleri	Değer
pH Değeri	7.82 (Hafif Alkali)
EC Değeri (dS/m)	0.51
Kireç Oranı (%)	2.02
Organik Madde Oranı (%)	1.30
Su ile Doygunluk Oranı (%)	30.80
Toplam Tuz Oranı (%)	0.01
Alınabilir Fosfor (P ₂ O ₅) (kg/da)	10.60
Alınabilir Potasyum (K ₂ O) (kg/da)	42.35

Delice üzümünün sürgün ucu açıklığı çok açık olup, yatık tüy yoğunluğu seyrek ve antosiyanin renklenmesi yok denecek kadar azdır. Olgun yapraklar büyük ve beşgen şekilli olup, yüzeylerinde güçlü kabarıklıklar ve beş adet lob bulunmaktadır. Sürgünler yarı dik durumda olup, boğum arası dış kısım yeşil, iç kısım ise kırmızı ve yeşil

renktedir (Şekil 2). Delice üzümü, ampelografik tanımlamalara göre belirgin morfolojik özelliklere sahiptir ve bu özellikler laboratuvar ve saha çalışmaları ile detaylandırılmıştır (Çizelge 2). Yörede verim ve yapısal gelişimi üstün olan yerel (köy tipi) popülasyon özelliği kazanmıştır.



Şekil 2. Delice üzümünün morfolojik görünümü. A: Yaprak, B: Salkım, C: Tane, D: Çalı gelişimi
Figure 2. Morphological appearance of Delice grape. A: Leaf, B: Cluster, C: Grain, D: Shrub development

Çizelge 2. Delice üzümünün morfolojik özellikleri

Table 2. Morphological characteristics of Delice grape

Kategori	Özellik	Değer/İfade
Taneler	Şekil	Yumurta
	Kabuk Rengi	Yeşil-sarı
	Kabuk Kalınlığı	Orta
	Tatlılık ve Sulu Olma Durumu	Tatlı ve sulu
	Sofralık Tüketim Durumu	Genellikle sofralık
	Olgunlaşmaya Başlama Zamanı	Orta
	Saptan Kopma Durumu	Kısmen kolay
	Meyve Etinde Antosiyanin Varlığı	Yok veya çok az
	Meyve Eti Sertliği	Yumuşak veya biraz sert
	Özel Tat	Yok
Çekirdek Oluşumu	Tam	
Genç Sürgünler	Tomurcuklanma Zamanı	Orta
	Sürgün Ucu Açıklığı	Çok açık
	Yatık Tüy Yoğunluğu	Seyrek
	Sürgün Ucu Üzerindeki Antosiyanin Renklenmesi	Yok veya çok zayıf
	Sürgün Ucu Üzerindeki Dik Tüyer	Yok veya çok seyrek
Genç Yapraklar	Renk	Yeşille birlikte antosiyanin noktaları
	Yaprak Alt Tarafında Ana Damarlar Arasındaki Yatık Tüyer	Orta
	Yaprak Alt Yüzünde Ana Damarlar Üzerindeki Dik Tüyerin Yoğunluğu	Yoğun
Olgun Yapraklar	Büyüklik	Büyük
	Şekil	Beşgen
	Yüzey	Güçlü kabarıklıklar
	Lob Sayısı	Beş
	Üst Yan Ceplerin Derinliği	Derin
	Üst Yan Cep Loplarnın Durumu	Hafifçe üst üste
	Yaprak Sapı Cep Loplarnın Durumu	Yarı açık
	Dişlerin Uzunluğu	Uzun
	Dişlerin Uzunluk/Genişlik Oranı	Geniş
	Dişlerin Şekli	Her iki taraf düz ve dış bükey
	Ana Damarların Antosiyanin Renklenmesi	Düşük
	Alt Yaprak Ayasındaki Ana Damarlar Arasındaki Yatık Tüyer	Seyrek
Alt Yaprak Ayasındaki Ana Damarlar Üzerindeki Dik Tüyer	Orta	
Yaprak Sapı Uzunluğunun Orta Damara Oranı	Eşit	
Salkımlar	Büyüklik	Orta
	Yoğunluk	Orta
	Birincil Salkımın Sap Uzunluğu	Orta

Çizelge 3. Delice üzümünün kimyasal analiz sonuçları

Table 3. Chemical analysis results of Delice grape

Parametre	Değer
Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) (%)	24-25
pH Değeri	3.7
Tartarik Asit Miktarı (g/l)	0.416
Şıra Randımanı (ml/kg)	500-550
Olgunluk İndisi (%)	55-60

Suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı, refraktometre kullanılarak %24-25 arasında belirlenmiştir. Üzüm sularının pH değeri dijital pH metre ile ölçülmüş ve ortalama 3,7 olarak tespit edilmiştir. Tartarik asit miktarı, şıranın saf su ile seyreltilip 0.1 N NaOH ile titre edilmesi yöntemiyle hesaplanmış ve ortalama 0.416 g/l olarak bulunmuştur. Şıra randımanı ise 1 kg üzüm örneğinden elde edilen şıra miktarı ölçülerek 500-550 ml arasında tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmanın bulgularına göre, Delice üzümünün salkımları orta büyüklükte ve orta sıklıkta olup, taneleri yumurta şeklinde, yeşil-sarı renkte ve orta kalınlıkta bir kabuğa sahiptir. Taneler oldukça tatlı ve suludur, bu nedenle genellikle sofralık olarak tüketilir. Ayrıca, yüksek şıra oranı sayesinde pekmez ve pestil gibi yöresel ürünlerin yapımında da kullanılmaktadır. Olgun yapraklar büyük, beşgen şekilli ve yüzeylerinde güçlü kabarıklıklar ile beş adet loptan oluşmaktadır. Benzer morfolojik özellikler, diğer bazı üzüm çeşitlerinde de gözlemlenmiştir. (Rolle ve ark., 2011) tarafından yapılan bir çalışmada, on beyaz sofralık üzüm çeşidinin (Delizia del Vaprio, Matilde, Moscato di Terracina, Pansé precoce, Pizzutello bianco, Regina, Regina dei vigneti, Sublima seedless, Sultanina, Vincere) morfolojik ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmış ve Delice üzümü ile benzer bulgular elde edilmiştir (Rolle ve ark., 2011).

Kimyasal analizler, Delice üzümünün suda çözünür kuru madde (SÇKM) oranının %24-25, pH değerinin 3.7, tartarik asit miktarının 0.416 g/L ve şıra randımanının 500-550 mL olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, Delice üzümünün yüksek kaliteli bir üzüm popülasyonu olduğunu ortaya koymaktadır. Serratos ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, Chardonnay ve Gewürztraminer üzüm çeşitlerinin kimyasal özellikleri incelenmiş ve yüksek şıra randımanı ile birlikte benzer SÇKM ve pH değerleri tespit edilmiştir. Muñoz-Robredo ve ark. (2011) tarafından yapılan bir araştırmada, yüksek SÇKM oranına sahip üzüm çeşitlerinin, tatlılık ve lezzet açısından üstün olduğu ve sofralık tüketimde tercih edildiği belirtilmiştir. Ayrıca, düşük pH ve orta düzeyde tartarik asit içeriği, üzümün dengeli bir asitlik profiline sahip olduğunu ve şarap üretimi için de uygun olduğunu göstermektedir. Fongaro ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada ise, şıra randımanının yüksek olmasının, üzümün işlenmiş ürünlerdeki verimliliğini artırdığını ve ekonomik değerini yükselttiğini vurgulanmıştır. Bu bulgular, Delice üzümünün hem sofralık tüketim hem de işlenmiş ürünler için yüksek kaliteli bir genotip olduğunu ve bu özelliklerin ekonomik açıdan önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir.

Delice üzümünün morfolojik özellikleri, diğer üzüm çeşitleri ile karşılaştırıldığında belirgin farklılıklar ve üstünlükler göstermektedir. Delice üzümünün taneleri, diğer birçok üzüm çeşidine göre daha büyük ve tatlıdır, bu da sofralık tüketim için ideal olmasını sağlamaktadır. Salkımları orta büyüklükte ve yoğunlukta olup, taneleri yumurta şeklinde, yeşil-sarı renkte ve orta kalınlıkta bir kabuğa sahiptir. Üzüm çeşitlerin değerlendirme şekilleri dikkate alındığında sık ve küçük salkım ve taneye sahip ve şıra oranı yüksek çeşitler genel illikle şaraplık-şıralık, seyrek/orta sık ve büyük salkım ve tanelere sahip, gevrek daha etli etli çeşitler sofralık, kurutmaya elverişli ve kuru madde oranı daha çok olan çeşitlerse kurutmalık olarak tanımlanmışlardır (Ünal & Ucaş, 2022). Bu özelliklere bakıldığında, Delice üzümünün sofralık tüketim için uygun olmakla birlikte yüksek şıra oranı ile pekmez ve pestil yapımında kullanılabilirliğini de ortaya koymaktadır.

Delice üzümün olgun yapraklardaki morfolojik özelliklerine bakıldığında büyük ve beşgen şekilli olup, yüzeylerinde güçlü kabarıklıklar ve beş adet lob bulunmaktadır. Yaprak alt yüzeyinde ana damarlar üzerindeki dik tüylerin yoğunluğu orta olarak tespit edilmiştir. Bu özellik bitkinin su kaybını minimize ederek, yaprağın fotosentetik verimliliğini arttırdığı düşünülmektedir. Üzüm çeşitlerinin doğru tanımlanması ve sınıflandırılması, genetik çeşitliliğin korunması ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir (Vafae ve ark., 2017).

Yerel üzüm çeşitlerinin korunması, genetik çeşitliliğin sürdürülmesi ve tarımsal sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir. Gonçalves and Martins (2022) yerel üzüm çeşitlerinin korunmasının, genetik çeşitliliğin azalmasını önleyerek biyolojik çeşitliliği desteklediğini ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesine olanak sağladığını belirtmiştir. Benzer şekilde, (Maras ve ark., 2020), eski bağcılık yöntemleri ve yerel çeşitlerin korunmasının genetik çeşitliliği artırarak, modern tarım uygulamalarının olumsuz etkilerini minimize ettiğini vurgulamıştır. Modern tarım uygulamaları, yüksek verim hedefiyle genetik çeşitliliği azaltma riski taşıırken, yerel çeşitlerin korunması bu riski dengelemekte ve ekosistem hizmetlerinin sürekliliğini sağlamaktadır. Sancho-Galán ve ark. (2020) ise yerel üzüm çeşitlerinin ekonomik ve kültürel değerine dikkat çekmiş, bu çeşitlerin korunmasının bölgesel kalkınmaya önemli katkılar sunduğunu ifade etmiştir. Bu bağlamda, yerel üzüm çeşitlerinin korunması ve geliştirilmesi, sadece tarımsal üretim açısından değil, aynı zamanda ekolojik ve ekonomik sürdürülebilirlik için de stratejik bir gerekliliktir. Bu çalışma, Delice üzümünün tarımsal ve ekonomik potansiyelini ortaya koyarak, yerel çeşitlerin korunması ve genetik çeşitliliğin sürdürülmesi konusuna önemli bir katkı sağlayacaktır.

Delice üzümü, Kırıkkale'nin Delice ilçesine özgü yerel bir üzüm popülasyonu olup, hem tarımsal hem de ekonomik açıdan önemli katkılar sağlamaktadır. Literatürde, yerel üzüm çeşitlerinin korunmasının genetik çeşitliliğin sürdürülebilirliği ve bölgesel ekonomik kalkınma üzerindeki olumlu etkileri sıklıkla vurgulanmaktadır (Sancho-Galán ve ark., 2020). Bu çalışmada, Delice üzümünün morfolojik ve kimyasal özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu özelliklerin özümün yüksek kaliteye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın bulguları, Delice üzümünün sofralık tüketim ve yöresel ürünlerin yapımında kullanılabilirliğini doğrulamaktadır. Ekonomik değerin artırılması için bu yerel çeşidin tanıtımının yapılması, kaliteli üretim tekniklerinin yaygınlaştırılması ve pazarlama stratejilerinin geliştirilmesi önerilmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, Delice üzümünün genetik yapısının daha ayrıntılı incelenmesini, iklim değişikliklerinin bu popülasyonun kalite ve verimliliği üzerindeki etkilerini ve Küresel Konumlama sistemi (GPS), veri analitiği, entegre zararlı yönetimi (IPM) ve toprak yönetimi ve gübreleme gibi modern tarım uygulamalarının yerel çeşitler üzerindeki potansiyel faydalarını araştırmayı hedeflemektedir. Bu araştırmalar, yerel çeşitlerin korunması ve geliştirilmesi yoluyla tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini artırırken, bölgesel ekonomilere de önemli katkılar sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma Delice üzümünün morfolojik özelliklerinin detaylı bir şekilde incelenmesi ile bu yerel popülasyonun tarımsal ve ekonomik potansiyelini ortaya koymakta ve gelecekteki çalışmalar için sağlam bir temel oluşturulması düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Akbulut, N. E., & Tuncer, A. M. (2011). Accumulation of heavy metals with water quality parameters in Kızılırmak River Basin (Delice River) in Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 173, 387-395. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1394-7>
- Akdemir, U., & Candar, S. (2022). Regional economics of viticulture in Türkiye in the period 1970. *Research-Review*, 2(2), 55-71. <https://doi.org/10.52001/vis.2022.11.55.71>
- Alba, V., Bergamini, C., Cardone, M. F., Gasparro, M., Perniola, R., Genghi, R., & Antonacci, D. (2014). Morphological variability in leaves and molecular characterization of novel table grape candidate cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Molecular biotechnology*, 56(6), 557-570. <https://doi.org/10.1007/s12033-013-9729-6>
- Allison, L., & Moodie, C. (1965). Carbonate. *Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 1379-1396. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c40>
- Ardenghi, N. M., Galasso, G., Banfi, E., Zoccola, A., Foggi, B., & Lastrucci, L. (2014). A taxonomic survey of the genus *Vitis* L. (Vitaceae) in Italy, with special reference to Elba Island (Tuscan Archipelago). *Phytotaxa*, 166(3), 163-198-163-198. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.166.3.1>
- Caffarra, A., & Eccel, E. (2011). Projecting the impacts of climate change on the phenology of grapevine in a mountain area. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(1), 52-61. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00118.x>
- Cangi, R., Bilget, K., & Altuncı, N. T. (2017). Tokat koşullarında farklı fidan tipi ve dikim zamanlarının asma fidanlarının gelişmesi üzerine etkileri. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 1(1), 8-16.
- Cardone, M. F., D'Addabbo, P., Alkan, C., Bergamini, C., Catacchio, C. R., Anaclerio, F., Chiatante, G., Marra, A., Giannuzzi, G., & Perniola, R. (2016). Inter-varietal structural variation in grapevine genomes. *The Plant Journal*, 88(4), 648-661. <https://doi.org/10.1111/tpj.13274>
- Cervantes, E., Martín-Gómez, J. J., Espinosa-Roldán, F. E., Muñoz-Organero, G., Tocino, A., & Cabello-Saenz de Santamaria, F. (2021). Seed morphology in key Spanish grapevine cultivars. *Agronomy*, 11(4), 734. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040734>
- Dallakyan, M., Esayan, S., Gasparyan, B., Smith, A., & Hovhannissyan, N. (2020). Genetic diversity and traditional uses of aboriginal grape (*Vitis vinifera* L.) varieties from the main viticultural regions of Armenia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(4), 999-1024. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00897-5>(0123456789(),-volV)(01234567
- Emanuelli, F., Lorenzi, S., Grzeskowiak, L., Catalano, V., Stefanini, M., Troggio, M., Myles, S., Martinez-Zapater, J. M., Zyprian, E., & Moreira, F. M. (2013). Genetic diversity and population structure assessed by SSR and SNP markers in a large germplasm collection of grape. *BMC Plant Biology*, 13, 1-17. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-39>
- Fongaro, C., Cavagnoli, N. I., & Dalla Santa Spada, P. K. W. (2016). Evaluation of physicochemical parameters of grape juices produced in the Serra Gaúcha. *BIO Web of Conferences*,
- Gonçalves, E., & Martins, A. (2022). Optimizing conservation and evaluation of intravarietal grapevine diversity. In *Improving Sustainable Viticulture and Winemaking Practices* (pp. 45-64). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85150-3.00020-7>
- Güler, A., & Candemir, A. (2020). Determination of physicochemical characteristics, organic acid and sugar profiles of Turkish grape juices. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 4(2), 149-156. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2020.2.4>
- Jackson, M. (1958). *Soil chemical analysis* prentice Hall. Inc., Englewood Cliffs, NJ, 498(1958), 183-204.
- Liu, H. F., Wu, B. H., Fan, P. G., Li, S. H., & Li, L. S. (2006). Sugar and acid concentrations in 98 grape cultivars analyzed by principal component analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1526-1536. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2541>
- Maras, V., Tello, J., Gazivoda, A., Mugoša, M., Perišić, M., Raičević, J., Štajner, N., Ocete, R., Božović, V., & Popović, T. (2020). Population genetic analysis in old Montenegrin vineyards reveals ancient ways currently active to generate diversity in *Vitis vinifera*. *Scientific reports*, 10(1), 15000. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71918-7>
- Migicovsky, Z., Sawler, J., Gardner, K. M., Aradhya, M. K., Prins, B. H., Schwaninger, H. R., Bustamante, C. D., Buckler, E. S., Zhong, G.-Y., & Brown, P. J. (2017). Patterns of genomic and phenomic diversity in wine and table grapes. *Horticulture research*, 4. <https://doi.org/10.1038/hortres.2017.35>
- Muñoz-Robredo, P., Robledo, P., Manríquez, D., Molina, R., & Defilippi, B. G. (2011). Characterization of sugars and organic acids in commercial varieties of table grapes. *Chilean journal of agricultural research*, 71(3), 452.
- Müller, K., Keller, M., Stoll, M., & Friedel, M. (2023). Wind speed, sun exposure and water status alter sunburn susceptibility of grape berries. *Frontiers in plant science*, 14, 1145274. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1145274>
- Mylavarapu, R. (2009). UF/IFAS Extension Soil Testing Laboratory (ESTL) Analytical Procedures and Training Manual: CIR1248/SS312, rev. 2/2009. *EDIS*, 2009(2), 14-14. <https://doi.org/10.32473/edis-ss312-2009>

- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 539-579. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c29>
- Olsen, S. R. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. US Department of Agriculture.
- Pelsy, F., Hocquigny, S., Moncada, X., Barbeau, G., Forget, D., Hinrichsen, P., & Merdinoglu, D. (2010). An extensive study of the genetic diversity within seven French wine grape variety collections. *Theoretical and Applied Genetics*, 120(6), 1219-1231. <https://doi.org/DOI.10.1007/s00122-009-1250-8>
- Prathiksha, G., & Hegde, K. (2022). A Review on *Vitis vinifera* L.: The Grape. *Department of Pharmacology, Srinivas College of Pharmacy, Valachil, Mangalore, Karnataka, India*, 574143, Pages: 142-145. <https://doi.org/10.47583/ijpsrr.2022.v74i01.023>
- Rhoades, J. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, 5, 417-435. <https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c14>
- Rolle, L., Giacosa, S., Gerbi, V., & Novello, V. (2011). Comparative study of texture properties, color characteristics, and chemical composition of ten white table-grape varieties. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(1), 49-56. <https://doi.org/10.5344/ajev.2010.10029>
- Sabır, A., Tangolar, S., Büyükalaca, S., & Kafkas, S. (2009). Ampelographic and molecular diversity among grapevine (*Vitis* spp.) cultivars. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 45(4). <https://doi.org/10.17221/72/2008-CJGPB>
- Sancho-Galán, P., Amores-Arrocha, A., Palacios, V., & Jiménez-Cantizano, A. (2020). Identification and characterization of white grape varieties autochthonous of a warm climate region (Andalusia, Spain). *Agronomy*, 10(2), 205. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy10020205>
- Serratosa, M. P., Marquez, A., Moyano, L., Zea, L., & Merida, J. (2014). Chemical and morphological characterization of Chardonnay and Gewürztraminer grapes and changes during chamber-drying under controlled conditions. *Food chemistry*, 159, 128-136. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.167>
- Shah, N., Cynkar, W., Smith, P., & Cozzolino, D. (2010). Use of attenuated total reflectance midinfrared for rapid and real-time analysis of compositional parameters in commercial white grape juice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(6), 3279-3283. <https://doi.org/10.1021/jf100420z>
- Thomas, G. W. (1996). Soil pH and soil acidity. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, 5, 475-490. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c16>
- Tomić, L., Štajner, N., & Javornik, B. (2013). Characterization of grapevines by the use of genetic markers. *The Mediterranean genetic code-grapevine and olive*, 1-25. <https://doi.org/10.5772/52833>
- Ünal, M. S., & Ucaş, C. (2022). Midyat (Mardin) ilçesi yerel üzüm çeşitlerinin salkım, tane, çekirdek ve çubuk özellikleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 125-135. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1394-7>
- Vafae, Y., Ghaderi, N., & Khadivi, A. (2017). Morphological variation and marker-fruit trait associations in a collection of grape (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 225, 771-782. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.007>
- Venios, X., Korkas, E., Nisiotou, A., & Banilas, G. (2020). Grapevine responses to heat stress and global warming. *Plants*, 9(12), 1754. <https://doi.org/10.3390/plants9121754>
- Wan, Y., Schwaninger, H. R., Baldo, A. M., Labate, J. A., Zhong, G.-Y., & Simon, C. J. (2013). A phylogenetic analysis of the grape genus (*Vitis* L.) reveals broad reticulation and concurrent diversification during neogene and quaternary climate change. *BMC evolutionary biology*, 13, 1-20. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-141>
- Wu, D., He, Y., Nie, P., Cao, F., & Bao, Y. (2010). Hybrid variable selection in visible and near-infrared spectral analysis for non-invasive quality determination of grape juice. *Analytica chimica acta*, 659(1-2), 229-237. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.11.045>



Investigation of Agronomic Characteristics in Different Silage Maize (*Zea mays* L.) Varieties under Kahramanmaraş Conditions

Mustafa Kızılsimşek^{1,a}, Fatma Akbay^{2,b,*} Tuğba Günaydın^{1,c}, Ali Kabakçı^{1,d}

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye.

²Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Malatya, Türkiye.

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 06.08.2024 Accepted : 27.09.2024</p> <p>Keywords: Agronomic characteristics Hybrid Silage maize Green forage Kahramanmaraş</p>	<p>Silage production constitutes a significant part of animal rations and is of great importance for the animal husbandry economy. Maize (<i>Zea mays</i> L.) is the most cultivated plant as silage material. However, in order to obtain high yield from the maize plant, it is necessary to determine the varieties suitable for the ecological conditions of the region. This research was carried out in order to determine the agronomic characteristics of different silage maize varieties according to the Randomized Blocks Design with three replications in the Eastern Mediterranean Transition Zone Agricultural Research Institute (DAGTEM) under Kahramanmaraş ecological conditions in 2019 and 2020. As a result of the research, plant height, number of leaves, stem diameter, ear diameter, number of cobs, first ear height, leaf ratio in green forage, stem rate in green forage, and the cob rate in green forage were between 244.56-314.22 cm, 12.16-17.92, 20.23-25.79 mm, 32.30-49.59 mm, 1.00-1.17, 85.11-158.80 cm, 13.66%, 41.01-59.29%, and 23.33-41.80% respectively. It was concluded from this study that introducing the AS160 silage corn variety to farmers in Kahramanmaraş province and other regions with similar ecologies and promoting its cultivation could contribute to increasing our silage corn production.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1922-1929, 2024

Kahramanmaraş Koşullarında Farklı Silajlık Mısır (*Zea mays* L.) Çeşitlerinde Agronomik Özelliklerinin İncelenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 06.08.2024 Kabul : 27.09.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Agronomik özellikler Hibrit Silajlık mısır Yeşil yem Kahramanmaraş</p>	<p>Silaj yapımı hayvan rasyonlarının önemli bir bölümünü oluşturmakta ve işletme ekonomisi bakımından büyük önem taşımaktadır. Mısır (<i>Zea mays</i> L.) silajlık materyal olarak en fazla tarımı yapılan bitkidir. Fakat mısır bitkisinden yüksek verim alınabilmesi için yetiştirileceği bölgeye uygun çeşitlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu araştırma, Kahramanmaraş ekolojik koşullarında 20 farklı silajlık mısır çeşitlerinin agronomik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, 2019 ve 2020 yıllarında Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde, Tesadüf Bloklar Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. İki yıllık ortalamalara göre; çeşitlerin bitki boylarının 244,56-314,22 cm, yaprak sayılarının 12,16-17,92 adet, sap çaplarının 20,23-25,79 mm, koçan çaplarının 32,30-49,59 mm, koçan sayılarının 1,00-1,17 adet, ilk koçan yüksekliklerinin 85,11-158,80 cm, yeşil otta yaprak oranlarının %13,66-21,73, yeşil otta sap oranlarının %41,01-59,29 ve yeşil otta koçan oranlarının %23,33-41,80 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu çalışmadan AS160 silajlık mısır çeşidinin Kahramanmaraş ili ve benzer ekolojilere sahip üreticilerimize tanıtılması ve ekiminin yaygınlaştırılması ile silajlık mısır üretimimizin artmasına katkı sağlanabileceği sonucu çıkarılmıştır.</p>

^a mkizil@ksu.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-5460-1480>

^c fatma.akbay@ozal.edu.tr

^d <https://orcid.org/0000-0002-0156-9974>

^e tugbagunaydin@gmail.com

^f <https://orcid.org/0000-0002-4458-1287>

^g alikabakci@gmail.com

^h <https://orcid.org/0009-0000-4482-1255>



Giriş

Hayvan varlığımızda ve buna bağlı olarak et ve süt üretimimizde son yıllarda bir miktar artış olsa da, bu değerlerin yeterli olmadığı bilinmektedir. Hayvancılık sektörünün en önemli sorunlarının başında besleme ile ilgili sorunlar gelmektedir. Yem bitkileri tarımı ve kaliteli yem üretimindeki eksiklikler, diğer birçok sorunun ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamaktadır. Farklı yem bitkilerinin tarımının geliştirilmesi, kaliteli yem üretiminin artırılması ve üretilen yemin değerlendirilmesindeki eksikliklerin giderilmesi, bu sorunun çözümündeki temel noktalar. Silajlık mısır (*Zea mays* L.) ruminant hayvanlar için önemli bir enerji kaynağı olması nedeniyle dünyadaki en mükemmel yem bitkilerinden biri olarak tanımlanmaktadır (McDonald ve ark., 1991). Hayvancılığı gelişmiş ülkelerde mısır silajı büyükbaş süt sığırları rasyonlarının %40 gibi önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Sheaffer ve ark., 2006). Mısır bitkisinin yüksek verimli, tek yıllık, bazı çeşitlerinin 85-90 gün gibi kısa sürelerde yetişmesi nedeniyle ikinci ürün tarımında kullanılabilmesi, hasadının önemli ölçüde mekanize edilmiş olması, silolandiğinde kolaylıkla fermentasyona uğraması ve yüksek enerji içeriği gibi nedenlerle silaj yapımında en çok tercih edilen bitkidir (Neylon & Kung, 2003; Loucka ve ark., 2018). Bu özellikleri nedeniyle, daha uzun yıllar boyunca silaj yapımında mısır bitkisinin tercih edileceği açıktır.

Türkiye’de 2015-2022 mısır ekim alanı ve üretim miktarları incelendiğinde, 2015 yılında mısır ekim alanının 4.231.223 da iken 2020 yılında %20’lik bir artış yaşanarak ekim alanının 5.298.522 da ulaştığı bilinmektedir. Silajlık mısır üretim miktarları incelendiğinde 2015 yılında 19.684.599 ton üretim yapılırken 2023 yılında bu değer 28.558.983 tona ulaştığı bilinmektedir (TÜİK, 2023). Özellikle Akdeniz iklimin görüldüğü bölgelerde mısır üretimi oldukça önemlidir (Bozkurt ve ark., 2006). Fakat silajlık mısır üretiminde kaliteli ve yüksek verimli ürün elde edebilmek için uygun çeşitlerin geliştirilerek bölgelere adapte edilmesi yüksek verimli hayvanların ihtiyacı olan kaliteli kaba yem açığının kapatılması gereklidir (Kapar & Öz, 2006). Diğer bir ifadeyle, optimum hayvan performansı için artan beslenme talepleri, üreticileri yüksek yem verimli ve iyi kalite özellikleri olan hibrit çeşitlerini seçmeye zorlamaktadır (Graybill ve ark., 1991). Nitekim Chase ve Grant (2013), özellikle yüksek verimli hayvanların ABD’de yetiştirilen bir mısır çeşidi BMR gibi yüksek kaliteli yemlerle beslemenin giderek daha önemli hale geldiğini, yüksek kaliteli yem kaynaklarını geliştirmenin yem kaynaklarından daha etkin yararlanmayı sağlayacağını ve bu durumun yüksek maliyetli yem üretimini azaltmada ve hayvan sağlığını korumada önemli olduğunu vurgulamışlardır. Cusicanqui & Lauer (1999) ise silajlık mısır bitkisinden yüksek verim ve kaliteli ürün elde edebilmek için bölgenin ekolojik koşullarına uygun genotip ve çeşit geliştirilmesi gerektiğini, silaj kalitesini ve verimini çeşit, ekim sıklığı, gübreleme, sulama ve hasat zamanlarından etkilediğini bildirmiştir.

Kahramanmaraş ili hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı, aynı zamanda mısır yetiştiriciliğinin de yaygın olarak yapıldığı iller arasındadır. Bu nedenle Kahramanmaraş ekolojik koşullarına uygun, verimi yüksek olan çeşitlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu

çalışma, Kahramanmaraş ve benzeri bölgeler için verimi yüksek silajlık mısır çeşitlerinin agronomik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Metod

Araştırma 2019 ve 2020 yıllarında Kahramanmaraş Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü’nde, Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada Macha, Ranger, Simon, AS160, Dracma, DS0224, DKC6442, Colonia, Inove, Antex, Everest, Torro, 73may81, Kilowatt, Klips ve PR31Y43 silajlık mısır çeşitleri kullanılmıştır. Çeşitlerin temin edildiği kuruluşlar, olum süreleri ve FAO olum grupları Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan çeşitler, temin edildiği kuruluşlar ve FAO grupları

Table 1. Varieties used in the study, organizations and FAO groups

Çeşit Adı	Firma Adı	FAO Grubu
MACHA	Polen	580
RANGER	Polen	600
SIMON	Polen	600
AS160	Agromar	600
DRACMA	Syngenta	630
DS0224	Agromar	630
DKC6442	Monsanto	650
Colonia	Agromar	650
INOVE	Syngenta	650
ANTEX	Syngenta	650
Everest	May	680
TORRO	Polen	680
73MAY81	May	700
KILOWATT	KWS	700
KLIPS	KWS	700
PR31Y43	Pioneer	700
30B74	Pioneer	720
DKC7240	Monsanto	750
C955	Monsanto	800

Kahramanmaraş Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü’nden elde edilen, araştırmanın yürütüldüğü aylara ait sıcaklık, yağış ve nisbi nem miktarı, çalışmanın gerçekleştirildiği yıl ve uzun yıllara göre elde edilen değerler Çizelge 2’de verilmiştir. Kahramanmaraş ilinin 2019, 2020 ve uzun yıllar ortalaması aylık toplam yağış miktarı sırasıyla 18,90 mm, 8,20 mm ve 52,90 mm, ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 23,13°C, 26,48 °C ve 23,57 °C; ve nispi nem değeri sırasıyla %47,10, %45,63 ve %52,17 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca 2020 yılının 2019 yılına göre daha sıcak, daha az yağışlı ve nisbi nem değerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3’den görüldüğü üzere, deneme toprakları hafif alkali yapıda olup CaCO₃ içerikleri yüksektir. Toprak organik maddesi etkili kök sisteminin bulunduğu 0-30 cm bölgesinde %1,86 ve 0-60 cm bölgesinde %1,91 olup organik madde bakımından orta derecede zengindir. Deneme alanı toprakları kullanılabilir potasyum bakımından yeterli, fosfor bakımından orta seviyede olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Kahramanmaraş ilinin 2019, 2020 ve uzun yıllara ait iklim verileri

Table 2. Climate data of Kahramanmaraş province for 2019, 2020 and long years

İklim verileri	Yıl	Aylar			Toplam/Ort.
		Mayıs	Haziran	Temmuz	
Yağış (mm)	2019	18,50	0,30	0,1	18,90
	2020	8,20	0,0	0,0	8,20
	Uzun Yıllar	41,20	8,40	3,3	52,90
Ortalama Sıcaklık (°C)	2019	15,90	24,50	29,00	23,13
	2020	23,45	25,49	30,49	26,48
	Uzun Yıllar	20,30	25,30	25,1	23,57
Nisbi Nem (%)	2019	47,20	46,90	47,2	47,10
	2020	43,30	49,00	44,6	45,63
	Uzun Yıllar	54,95	49,67	51,9	52,17

Çizelge 3. Deneme alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 3. Physical and chemical properties of the soils of the experiment area

Derinlik(cm)	pH	CaCO ₃	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	K ₂ O (kg da ⁻¹)	Organik Madde(%)
0-30 cm	7,53	26,26	4,65	39,87	1,86
30-60 cm	7,52	26,12	4,27	65,24	1,91

Ekimler, deneme parsel mibzeri ile yapılmış olup, parsellerde tam bitki sıklığını sağlayabilmek için, ekim sırasında normalden iki kat fazla tohumluk kullanılmış, çıkıştan sonra ise seyreltme yapılarak normal bitki sıklığı sağlanıp, parsellerde eksik bitki oluşumunun önüne geçilmiştir. Ekimler her bir çeşit sıra arası 0,7 m ve her bir sıra 5 m uzunluğunda ve 4'er sıra olacak şekilde yapılmıştır. Bitkiler 30-35 cm boylandıncaya kadar 1 kez traktör ile bir kez de el çapası yapılmıştır.

Agronomik ölçümlerin tamamı her parselin iki kenarındaki birer sıra ve sıra başlarından 50 cm kenar tesiri olarak bırakıldıktan sonra kalan bitkilerde yapılmıştır. Bitki boyu tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin toprak yüzeyinden en üst noktaya kadar cm cinsinden ölçülüp ortalaması alınarak hesaplanmıştır. İlk koçan yüksekliği tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin toprak üstünden ilk koçan oluşturduğu yere kadar cm cinsinden ölçülüp ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Koçan sayısı ve bitki başına yaprak sayısı her bitkideki koçan ve yaprak sayıları sayılıp ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Sap çapı, koçan çapı ile ilgili gözlemler tesadüfi olarak seçilen 10 bitkide mm cinsinden kumpas yardımıyla ölçülüp ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Yeşil otta yaprak, sap ve koçan oranları ise her parselde 5 bitkinin sapsarı, yaprakları ve koçanları ayrılıp, tartılarak tüm bitki ağırlığına oranlanmıştır. Yapraklar ayrılırken yaprak kını, sapsarı çepçevre sardığı için, sap üzerinde bırakılmıştır. Sadece yaprak ayası yaprak oranı olarak kullanılmıştır.

İstatistik Analiz

Araştırmadan elde edilen veriler, JMP istatistik paket programında Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre varyans analizine tabi tutulup, uygulamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bitki boyu (cm)

Çalışmada, bitki boyu değerleri bakımından çeşitler arasındaki farklılığın ve çeşit x yıl interaksyonunun istatistik olarak önemli ($P < 0,01$) bulunduğu, buna karşılık yıllara bağlı olarak bitki boyları arasında istatistik olarak önemli

bir farklılık oluşmadığı Çizelge 4'de görülmektedir. Farklı silajlık mısır çeşitlerine göre bitki boyunun 244,6-314,2 cm arasında değiştiği, en yüksek değerin AS160 (314,2 cm) çeşidinden elde edildiğini ve 30B74 (300,8 cm) çeşidinin de benzer sonuç verdiği, bu değeri 285,50 cm ile C955 çeşidi ve çok az farkla Macha (280,6cm) çeşidinin izlediği belirlenmiştir. En düşük bitki boyu değeri ise 244,6 cm ile Everest çeşidinden elde edilmiştir. Çalışmada çeşitlerin yıllara göre bitki boyları arasında farklılıklar oluştuğu, bu durumun çeşit × yıl interaksyonuna neden olduğu söylenebilir. Nitekim 2019 yılında en yüksek bitki boyu 323,4 cm ile AS160 çeşidinden elde edilirken en düşük bitki boyu 228,0 cm ile 73 May81 çeşidinden elde edilmiştir. Çalışmanın ikinci yılında ise, 305,3 cm ile 30B74 çeşidinde en yüksek bitki boyu, 231,0 cm ile Everest çeşidinde düşük bitki boyu saptanmıştır. Diğer bir ifade ile, çeşitler bitki boyu bakımından farklı yıllarda farklı tepkiler vermiştir. Sadece iki yıllık bir çalışmada, çeşitlerin farklı yıllarda farklı tepkiler vermesi normal bir sonuç olarak karşılanabilir. Ancak denemenin 3 veya 4 yıl süre ile tekrarlanması durumunda daha stabil sonuçların elde edileceği de bilinmektedir. Örneğin Everest çeşidi denemenin ilk yılında ortalamaya yakın bir bitki boyu değerine sahip iken, denemenin ikinci yılında en düşük bitki boyuna sahip çeşit olmuştur. Bu ve benzeri durumlar çeşit × yıl interaksyonunun önemli çıkmasına neden olabilir.

Genel olarak silajlık mısırdaki daha fazla verim istendiği için amaç birim alandan daha fazla yeşil aksam elde edilmesidir. Bu bağlamda mısır bitkilerinin yüksek boylu olması istenir. Bu amaçla bitki boy uzunluğu bakımından AS160 ve 30B74 çeşitlerinin ön plana çıktığı söylenebilir. Erdal ve ark. (2009), çeşitlere göre bitki boyunun birinci yıl 226-250 cm, ikinci yıl 241-303 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yılmaz ve ark. (2017), en uzun bitki boyunu 299 cm (SASA-5) ve en kısa bitki boyunu ise 246 cm (ADA 12,20) olarak bildirmişlerdir. Güney ve ark. (2013), bitki boyunun çeşitlere göre 217,0-276,3 cm arasında değiştiğini ve ikinci yıl yapılan ekimlerde daha yüksek bitki boyuna ulaştıklarını bildirmişlerdir. Yozgatlı ve ark. (2019), Colonia ve DS 0224 silajlık mısır çeşitlerini dâhil ettikleri çalışmada, bitki boyunun yıllara ve çeşitlere

göre değiştiğini, çeşitlere göre bitki boyunun 217-273 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar birleştirilmiş yıllara göre bitki boyunu DS 0224 çeşidinde 229 cm ve Colonia çeşidinde 222 cm olarak tespit etmişlerdir. Çağan & İşikten (2019), 30B74 ve Burak silajlık mısır bitkilerinin Bingöl koşullarında uygun ekim zamanını belirlemek için yaptıkları çalışmada, bitki boyunun 248,70-282,70 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bitki boyu değerlerinin yetiştirilen çevre, bakım işlemleri ve sulama gibi çok sayıda faktörden etkilendiği de dikkate alınarak, bu çalışmadan elde edilen bitki boyu değerlerinin, diğer araştırmalardaki değerler ile kısmen uyumlu olduğu söylenebilir.

Yaprak Sayısı (adet)

Çeşitlerin genetik yapılarındaki farklılıklara bağlı olarak farklı yaprak sayısına sahip olduğu, yaprak sayısının 12,2-17,9 adet arasında değiştiği Çizelge 4'de görülmektedir. En yüksek yaprak sayısının 17,92 adet ile AS160 çeşidinde, en düşük yaprak sayısı ise 12,16 adet ile Antex çeşidinde ($P<0,01$) saptanmıştır. Silajlık mısırdaki bitkinin bol yapraklı olması silaj besin kalitesi açısından istenilen bir durumdur. Bu bağlamda çalışmada AS160 çeşidinin ön plana çıktığı görülmektedir. Yılların yaprak sayısı (13,9 adet) üzerine etkisinin önemli olduğu ($P<0,01$), en yüksek yaprak sayısı birinci yıl gerçekleşen ekimlerden elde edilmiştir. Çalışmada çeşit \times yıl interaksyonunun yaprak sayısı üzerine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Farklı silajlık mısır bitkisi yaprak sayısına ilişkin literatür bulguları incelendiğinde, Vartanlı (2006), 13,25-15,40 adet, Bulut (2016), 10,20-12,00 adet,

Yozgatlı ve ark. (2019), 10,41-14,25 adet, Öner & Güneş (2019), 11,67-13,63 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sap Çapı (mm)

Çalışmada farklı silajlık mısır çeşitlerine göre sap çapının 20,23-25,79 mm arasında değiştiği ($P<0,05$), en yüksek sap çapının 25,79 mm ile C955 çeşidinden elde edildiği, bu değeri 25,35 mm ile Dracma çeşidinin izlediği belirlenmiştir. Çalışmada en düşük sap çapı değeri DKC6442 çeşidinde 20,23 mm olarak tespit edilmiştir. Geniş sap çapı yatmaya dayanaklılık bakımından olumlu bir bitkisel özellik olmasına rağmen, bitkide sap oranını da arttıracığı için genel olarak çok yüksek sap kalınlığı istenmeyen bir durumdur. Bu durum mısır saplarının yapısında selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi sindirimi zor olan maddeler içermeleriyle kaliteyi azaltabilir. Çalışmada yıllara göre sap çapı değeri 2019 yılında 21,58 ve 2020 yılında 23,73 mm şeklinde tespit edilmiş, en yüksek sap çapının birinci yıl yapılan ekimlerden elde edildiği belirlenmiştir ($P<0,01$). Yine aynı Çizelgeden sap çapı özelliği bakımından çeşit \times yıl interaksyonunun istatistiki olarak önemli bulunmadığı, dolayısıyla sap çapı değerlerinin, bitki boyu değerlerine kıyasla, farklı yıllarda daha stabil bir özellik gösterdiği, bu nedenle fazla değişken sonuçların elde edilmediği söylenebilir. Farklı silajlık mısır çeşitleri ile yürütülen çalışmalarda sap çapını Bulut (2016), 21,9-26,6 mm, Seydoşoğlu & Saruhan (2017), 20,1-28,4 mm arasında, Çağan & İşikten (2019), 19,9-22,6 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Farklı silajlık mısır bitkilerine ait bitki boyu, yaprak sayısı ve sap çapı değerleri

Table 4. Plant height, number of leaves and stalk diameter values of different silage maize plants

Çeşit	Bitki Boyu (cm)			Yaprak Sayısı (adet)			Sap Çapı (mm)		
	2019	2020	Ort.	2019	2020	Ort.	2019	2020	Ort.
Macha	286,4 ^{b-c}	274,7 ^{d-1}	280,7BC	14,5	13,0	13,8CD	23,7	26,4	25,0ABC
Ranger	274,5 ^{d-1}	257,7 ^{h-1}	266,1C-F	13,5	12,7	13,1DEF	22,1	21,8	21,9C-F
Simon	247,4 ^{klm}	263,3 ^{f-1}	255,4FGH	12,7	13,0	12,8DEF	21,1	20,7	20,9EF
AS160	323,4 ^a	305,0 ^{ab}	314,2A	18,5	17,3	17,9A	26,3	23,5	24,9A-D
Dracma	262,1 ^{f-1}	258,7 ^{h-1}	260,4EFG	13,0	12,7	12,8DEF	25,1	25,6	25,4AB
DS0224	280,2 ^{cg}	278,0 ^{c-h}	279,1BCD	13,5	12,7	13,1DEF	24,8	19,9	22,4B-F
DKC6442	252,2 ^{kl}	262,7 ^{f-1}	257,5FGH	13,2	13,3	13,3CDE	19,7	20,8	20,2F
Colonia	254,7 ⁻¹	275,7 ^{c-h}	265,2DEF	13,0	13,0	13,0DEF	24,8	20,6	22,7A-F
Inove	252,6 ^{kl}	261,3 ^{f-1}	257,0FGH	12,7	12,0	12,3EF	22,5	19,9	21,2EF
Antex	276,2 ^{c-h}	247,0 ^{lm}	261,6EFG	12,3	12,0	12,2F	25,8	19,2	22,5A-F
Everest	258,1 ^{h-1}	231,0 ^m	244,6H	13,4	12,3	12,9DEF	25,1	21,6	23,4A-F
Torro	266,2 ^{e-1}	258,7 ^{h-1}	262,45EFG	14,2	13,3	13,8CD	21,8	20,0	20,9EF
73May81	228,0 ^m	269,0 ^{e-j}	248,5GH	14,0	13,3	13,7CD	23,3	24,3	23,8A-E
Kilowaatt	281,3 ^{cf}	267,7 ^{e-1}	274,5B-E	13,2	12,7	13,0DEF	24,2	21,6	22,9A-F
Klips	262,2 ^{f-1}	262,7 ^{f-1}	262,5EFG	13,8	12,0	12,9DEF	25,2	16,8	21,0EF
PR32Y43	274,2 ^{d-1}	264,7 ^{f-1}	269,5C-F	13,7	13,3	13,5CD	23,8	22,3	23,0A-F
30B74	296,3 ^{bc}	305,3 ^{ab}	300,8A	15,8	14,3	15,1B	23,7	20,7	22,2B-F
DKC7240	269,6 ^{e-j}	268,0 ^{e-k}	268,8 C-F	14,8	13,7	14,2BC	22,7	20,5	21,6DEF
C955	278,0 ^{c-h}	293,0 ^{bcd}	285,5B	14,9	13,7	14,9BC	24,5	27,1	25,8A
Gladius	261,4 ^{f-1}	259,7 ^{g-1}	260,6EFG	13,6	12,3	13,0DEF	24,5	18,7	21,6DEF
Ort.	269,3	268,2		13,9A	13,1B		23,7A	21,6B	
CV (%)	4,78			6,75			12,98		
LSD(0,05)	Çeşit:14,76** Yıl: öd			Çeşit:1,05** Yıl:0,33**			Çeşit: 3,38* Yıl:1,07**		
	Çeşit \times Yıl:20,87**			Çeşit \times Yıl: öd			Çeşit \times Yıl: öd		

* $P<0,05$; *** $P<0,05$ Sütun ve/veya satırlarda farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir

Çizelge 5. Farklı silajlık mısır bitkilerinin koçan çapı, ilk koçan yüksekliği ve koçan sayısı değerleri

Table 5. Cob diameter, first cob height and cob number values of different silage maize plants

Çeşit	Koçan Çapı (mm)			Koçan Sayısı (adet)			İlk Koçan Yüksekliği (cm)		
	2019	2020	Ort.	2019	2020	Ort.	2019	2020	Ort.
Macha	49,8	40,2	45,0ABC	1,0	1,0	1,0	124,8	118,4	121,6BCD
Ranger	50,1	39,6	44,8ABC	1,3	1,0	1,2	111,0	103,4	107,2GHI
Simon	40,8	41,5	41,1CD	1,0	1,0	1,0	94,6	100,0	97,3J
AS160	41,9	36,7	39,3D	1,2	1,0	1,1	109,0	102,1	105,6HI
Dracma	41,3	45,1	43,2BCD	1,0	1,0	1,0	114,9	112,2	113,6EFG
DS0224	49,2	42,1	45,7ABC	1,2	1,0	1,1	124,8	123,0	123,9BC
DKC6442	47,5	48,8	48,1AB	1,0	1,0	1,0	114,2	118,2	116,2C-F
Colonia	50,1	41,2	45,6ABC	1,2	1,0	1,1	99,9	107,4	103,6HIJ
Inove	46,4	41,7	44,0BCD	1,0	1,0	1,0	109,8	112,4	111,1FGH
Antex	49,3	40,5	44,9ABC	1,0	1,0	1,0	106,2	94,1	100,2IJ
Everest	50,5	35,0	42,8BCD	1,1	1,0	1,1	124,2	110,5	117,4B-F
Torro	48,3	43,7	46,0ABC	1,0	1,0	1,0	107,1	103,0	105,0HIJ
73May81	47,8	46,6	47,2AB	1,3	1,0	1,2	78,6	91,7	85,1K
Kilowaatt	48,1	41,6	44,9ABC	1,1	1,0	1,1	117,2	110,3	113,8D-G
Klips	47,4	39,7	43,5BCD	1,0	1,0	1,0	106,8	106,2	106,5D-G
PR32Y43	45,0	46,5	45,8ABC	1,0	1,0	1,0	128,4	123,1	125,8B
30B74	34,6	30,0	32,3E	1,0	1,0	1,0	157,0	160,6	158,8A
DKC7240	43,7	43,3	43,5BCD	1,1	1,0	1,1	121,9	120,0	120,9B-E
C955	46,0	41,5	43,8BCD	1,3	1,0	1,2	121,1	126,9	124,0BC
Gladius	54,0	45,2	49,6A	1,0	1,0	1,0	104,3	102,9	103,6HIJ
Ort.	46,6A	41,5B		1,1	1,0		113,8	112,31	
CV (%)	10,68			14,28			6,11		
LSD (0,05)	Çeşit:5,41** Yıl:1,71** Çeşit × Yıl: öd			Çeşit: öd Yıl: öd Çeşit × Yıl: öd			Çeşit:7,94** Yıl: öd Çeşit × Yıl: öd		

** P<0,01 Sütun ve/veya satırlarda farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir

Koçan Çapı (mm)

Farklı silajlık mısır bitkilerinin koçan çapı değerlerini çeşit ve yılların önemli derecede etkilediği (P<0,01), buna karşılık çeşit x yıl interaksyonunun etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğu Çizelge 5'de görülmektedir. Çeşitlerin koçan çapı değerlerinin 32,3-49,6 mm arasında değiştiği, en yüksek koçan çapı değerinin Gladius çeşidinden elde edildiği, bunu 48,14 mm ile DKC6442 ve 47,2 mm ile 73May81 çeşidinin izlediği, en düşük koçan çapı değerinin ise 32,3 mm ile 30B74 çeşidinden elde edildiği saptanmıştır. Silajda iri ve bol koçanlı çeşitlerin hem verim hem de silaj fermentasyon kalitesi açısından daha uygun olduğu ve bu durumun silaj kalitesini arttırdığı bildirilmektedir (Açıkgöz, 2001). Bu bağlamda çalışmada Gladius çeşidinin öne plana çıktığı söylenebilir. Yıllara göre koçan çapının 2020 yılında 41,52 mm ve 2019 yılında 46,59 mm olduğu ve en yüksek koçan çapının birinci yılda elde edildiği, ikinci yıl ise koçan çapının düştüğü tespit edilmiştir. Koçan çapını Demiray (2013), 48,9-48,3 mm ve Han (2016), 45,3-48,8 mm arasında değiştiğini bildirmiştir. Araştırmacılar tarafından bildirilen koçan çapı değerleri ile bulgularımız kısmen uyumludur.

Koçan Sayısı (adet/bitki)

Farklı silajlık mısır bitkilerinin koçan sayısı değerleri incelendiğinde çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonunun koçan sayısı değerlerini istatistiki olarak etkilemediği Çizelge 5'de görülmektedir. Koçan sayısının çeşitlere göre 1,00-1,2 adet, yıllara göre 1,0-1,1 adet ve çeşit × yıl interaksyonuna göre 1,0-1,3 adet arasında değiştiği görülmektedir. Çalışmada koçan sayısı değerleri bakımından çeşitlerden benzer sonuçlar elde edildiği saptanmıştır. Farklı silajlık mısır ile yürütülen

çalışmalarda koçan sayısını, Emeklier (1990), 1,00-1,95 adet, Yozgatlı ve ark. (2019), 1,00-1,38 ve Yılmaz ve ark. (2020), 1,00-1,40 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen koçan sayısı değerleri araştırmacıların bulgularıyla uyumludur.

İlk Koçan Yüksekliği (cm)

Çeşitlerin ilk koçan yüksekliği değerlerini önemli derecede etkilediği belirlenmiş (P<0,01) ve çeşitlere göre ilk koçan yüksekliği 85,11-158,80 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir. İlk koçan yüksekliğinin makineli hasada uygun olabilmesi için 100 cm'nin üstünde olması istenmektedir (Acar ve ark., 2017). Çalışmada en yüksek ilk koçan yüksekliği 158,8 cm ile 30B74 çeşidinde, en düşük değer ise 85,1 cm ile 73May81 çeşidinde saptanmıştır. Araştırmada yıl ve çeşit × yıl interaksyonunun ilk koçan yüksekliği değerlerini istatistiki olarak etkilemediği, çeşitlerin farklı yıllarda daha stabil bir özellik gösterdiği söylenebilir. İlk koçan yüksekliğini Ergül (2008), 114,4-187,3, Aydoğan (2010), 106,8-123,6 cm, Pamukçu ve ark. (2011), 115-150 cm, Demiray, (2013), 81,3-107,4 cm, Koca (2013), 79,8-111,3 cm, Kabakçı (2014), 119,7-177,7 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgular araştırmacıların bulgularıyla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Yeşil Otta Yaprak Oranı (%)

Hamur olum döneminde hasat edilen silajlık mısır bitkilerinin yeşil otta yaprak oranları yıl ve çeşit etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu, (Çizelge 6). Güneş & Acar (2006), en yüksek bitkide yaprak oranı % 28,20 ile Dracma çeşidinde elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Çizelge 6. Farklı silajlık mısır çeşitlerine ait yeşil otta yaprak, sap ve koçan oranı değerleri

Table 6. Leaf, stalk and cob ratio values in green forage of different silage maize varieties

Çeşit	Yaprak Oranı (%)			Sap Oranı (%)			Koçan Oranı (%)		
	2019	2020	Ort,	2019	2020	Ort,	2019	2020	Ort,
Macha	15,6	20,8	18,2	46,5	41,5	44,0CDE	37,9	37,6	37,8
Ranger	14,3	20,4	17,4	48,4	42,3	45,3CDE	37,3	37,4	37,3
Simon	15,5	17,7	16,6	51,6	49,0	50,4BCD	32,8	33,3	33,0
AS160	16,1	15,5	15,8	57,7	54,5	56,1AB	26,3	30,0	28,2
Dracma	14,6	20,2	17,4	59,6	59,0	59,3A	25,9	20,8	23,3
DS0224	15,4	12,4	13,9	53,2	39,4	46,3CDE	31,5	48,2	39,8
DKC6442	16,3	23,9	20,1	45,0	37,0	41,0E	38,7	39,1	38,9
Colonia	13,9	17,2	15,5	53,3	47,6	50,5BCD	32,9	35,3	34,1
Inove	15,5	21,7	18,6	49,4	56,0	52,7ABC	35,1	22,3	28,7
Antex	16,5	24,0	20,2	48,2	42,5	45,4CDE	35,4	33,5	34,4
Everest	17,5	15,3	16,4	50,3	40,4	45,3CDE	32,2	44,3	38,3
Torro	14,8	17,5	16,2	48,2	48,2	48,2BCDE	37,0	34,2	35,6
73May81	11,2	16,1	13,7	43,3	45,8	44,6CDE	45,5	38,1	41,8
Kilowaatt	14,6	24,1	19,4	47,9	49,3	48,6B-E	37,6	26,5	32,1
Klips	17,2	17,9	17,5	55,1	44,1	49,6B-E	28,0	38,0	32,9
PR32Y43	16,8	14,3	15,5	52,2	45,8	49,0B-E	31,1	40,0	35,5
30B74	22,0	21,5	21,7	44,5	55,1	49,8BCD	33,5	23,4	28,5
DKC7240	16,6	10,9	13,8	53,4	50,0	51,7ABC	30,0	39,1	34,6
C955	14,7	20,6	17,6	53,9	49,7	51,8ABC	31,5	29,7	30,6
Gladius	17,2	18,2	17,6	43,0	42,0	42,5DE	40,0	39,9	39,9
Ort.	15,8B	18,5A		50,2A	47,0B		34,0	34,5	
CV (%)	27,2			15,6			27,1		
LSD(0,05)	Çeşit: öd Yıl: 1,70** Çeşit × Yıl: öd			Çeşit:8,72** Yıl:2,76* Çeşit × Yıl: öd			Çeşit: öd Yıl: öd Çeşit × Yıl: öd		

** P<0,01 Sütun ve/veya satırlarda farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir

Geren & Kavut (2009), İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı sorgum ve mısır türlerine göre en yüksek yaprak oranını ilk yıl %33,2 ve ikinci yıl %32,6 mısır bitkisinden elde ettiklerini bildirmişlerdir. Seydoşoğlu & Saruhan (2017), en yüksek bitkide yaprak oranı %22,7 ile 31Y43 çeşidinden elde edilirken, en düşük yaprak oranının %16,0 ile DKC 7211 çeşidinden elde edildiğini bildirmişlerdir.

Yeşil Otta Sap Oranı (%)

Yeşil otta sap oranları bakımından %59,3 oranı ile Dracma çeşidinin diğer çeşitlere göre üstün olduğu (P<0,01) belirlenmiştir. Bu oranı %56,1 değeri ile AS160 çeşidinin izlemiş ve en düşük sap oranı ise %41,0 oranı ile DKC6442 çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 6). Silaj kalitesini sap oranlarının önemli derecede etkilediği, yüksek sap oranlarında silaj kalitesinin olumsuz etkilediği, hayvanlar tarafından sindirilebilirliğin zorlaştığı bilinmektedir. Diğer bir ifadeyle, düşük sap oranları yem ve silaj yem kalitesi bakımından olumlu bir özellik olarak kabul edilmektedir (Çarpıcı, 2009). Bu nedenle düşük sap oranı ile DKC6442 çeşidinin ön plana çıktığını söyleyebiliriz. Farklı mısır çeşitleri ile yapılan çalışmalar incelendiğinde sap oranını Akdeniz ve ark. (2004), sap oranını %28,10-43,60, Geren ve ark. (2003), sap oranını %35,98-42,13, Şeydoşoğlu & Saruhan (2017), sap oranının %46,60-58,40 ve Özata ve ark. (2012), sap oranının %34,40-49,70 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Yeşil Otta Koçan Oranı (%)

Çeşitlere göre yeşil otta koçan oranları arasında istatistik olarak önemli bir farklılık oluşmadığı, yeşil otta

koçan oranlarının %23,3-41,8 arasında değiştiği Çizelge 6'da görülmektedir. Yıllara göre koçan oranlarının değişmediği, birinci yıl ortalama koçan oranı %34,0 olarak elde edilirken, ikinci yıl bu oranın %34,5 yükseldiği, farkın istatistik olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Yeşil otta koçan oranı özelliği bakımından çeşit × yıl interaksyonun istatistik olarak önemli bulunmadığı, dolayısıyla yeşil otta koçan değerlerinin farklı yıllarda daha stabil bir özellik gösterdiği söylenebilir. İyi bir silaj kalitesi için koçan oranının yüksek olması istenilmektedir. Bununla beraber silajlık mısırın beslenme değerinin yaklaşık olarak %70'ini koçandaki taneler oluşturmaktadır. Akdeniz ve ark. (2004), koçan oranının %38,20-49,00 arasında, Geren ve ark. (2003), koçan oranlarının %19,62-27,92 arasında, Şeydoşoğlu ve Saruhan (2017), koçan oranının %25,00-37,40 arasında ve Özata ve ark. (2019), koçan oranının %30,00-48,00 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sonuç

Silaj amacıyla yetiştirilen mısır bitkisinin verimi bitki çeşidine göre önemli derecede değişiklik göstermiştir. Kahramanmaraş koşullarında silajlık mısır çeşitlerinin agronomik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada AS160 silajlık mısır çeşidinin yüksek boylu olması, yaprak sayısının fazla olması, sap oranının yüksek olması nedeniyle ön plana çıktığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte bitki boyu, yaprak sayısı, ilk koçan yüksekliği değerleri ile 30B74 çeşidi, koçan çapı değerleri ile Gladius çeşitlerinin önemli olduğu saptanmıştır. Fakat Dracma çeşidinin sap oranının ve sap çapının yüksek olması ruminant hayvanlarının beslenme düzeyini olumsuz

etkileyebileceğinden, ıslah çalışmaları ile *Dracma* çeşidinin daha uygun getirilmesi önerilebilir. AS160 silajlık mısır çeşidinin bölge ve benzer ekolojilere sahip bölgelerdeki üreticilere tanıtılması ve ekiminin yaygınlaştırılması ile silajlık mısır üretiminin artmasına katkı sağlayabileceği öngörülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar adına TÜBİTAK 1180200 nolu proje için sağladığı finansal destek için Türk Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Acar, N., Yılmaz, M.F., Kara, R., 2017. Kahramanmaraş koşullarına uygun tane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(Özel Sayı), 80-85.
- Açıkgöz, E. (2001). Yem bitkileri, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa.
- Akdeniz, H., Yılmaz, İ., Andiç, N., & Zorer, Ş. (2004). Bazı mısır çeşitlerinde verim ve yem değerleri üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(1), 47-51.
- Aydoğan, V. (2010). Ordu ilinde yetiştirilen bazı yerel ve melez mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin silaj kalitelerinin belirlenmesi. (Yayın No. 276146) [Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Bozkurt, Y., Yazar, A., Gençel, B., & Sezen, M. S. (2006). Optimum lateral spacing for drip-irrigated corn in the Mediterranean Region of Turkey. *Agricultural water management*, 85(1-2), 113-120.
- Bulut, S. (2016). Bazı silajlık mısır çeşitlerinin Kayseri koşullarına adaptasyonu. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 117-126.
- Chase, L. E., & Grant, R. J. (2013). High forage rations-What do we know? in Proc, Cornell Nutrition Conf. Cornell University, Ithaca, NY. Pages 203-209
- Cusicanqui, J. A., & Lauer, J. G. (1999). Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, 91(6), 911-915. <https://doi.org/10.2134/agronj1999.916911x>
- Çaçan, E., & İşıkten, S. (2019). Bingöl ili ekolojik koşullarında bazı silajlık mısır çeşitleri için uygun ekim zamanının belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(1): 39-49. <https://doi.org/10.19159/tutad.449672>
- Çağlar, Ö., Bulut, S., & Gençtürk, F. (2008). Erzurum ovası koşullarına uygun silaj amaçlı mısır çeşitlerinin belirlenmesi. II. Verim ve Verim Unsurları, Ülkesel Tahıl Sempozyumu, 2-5 Haziran, Konya, 674-680.
- Çarpıcı, E.B. (2009). Bitki yoğunluğu ve farklı miktarda azot uygulamalarının stres fizyolojisi açısından silajlık mısır yetiştiriciliğinde değerlendirilmesi. (Yayın No.246431) [Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Demiray, Y. G. (2013). Bingöl ili ekolojik şartlarına uygun tane mısır çeşitlerinin belirlenmesi. (Yayın No. 351883) [Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Emeklier, H. Y. (1990). Yabancı menşeli erkenci mısır çeşitlerinin tane verimi ve diğer özellikleri üzerinde araştırmalar. *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 13, 107-119.
- Erdal, Ş., Pamukçu, M., Ekiz, H., Soysal, M., Savur, O., & Toros, A. (2009). Bazı silajlık mısır çeşit adaylarının silajlık verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 75-81.
- Ergül, Y. (2008). Silajlık mısır çeşitlerinin önemli tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. (Yayın No. 178256) [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Geren H., Avcıoğlu, R., Kır, B., Demiroğlu Topçu, G., Yılmaz, M., & Cevheri, A. (2003). İkinci ürün silajlık olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40, 57-64.
- Graybill, J. S., Cox, W. J., & Otis, D. J. (1991). Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agron. J.* 83, 559-564. <https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300030008x>
- Güney, E., Tan, M., Dumlu Gül Z., & Gül, İ. (2013). Erzurum şartlarında bazı silajlık çeşitlerinin verim ve silaj kalitelerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 105-111.
- Han, E. (2016). Bazı mısır çeşitlerinin dane verimleri ile silaj ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. (Yayın No. 431022) [Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kabakcı, S. (2014). Iğdır ekolojik şartlarına uygun silajlık mısır çeşitlerinin belirlenmesi. (Yayın No. 360663) [Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kapar, H., & Öz, A. (2006). Bazı mısır çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesinde performanslarının belirlenmesi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (2), 147-153.
- Koca, A. (2013). Bazı mısır çeşitlerinin kayseri koşullarında yeşil gübre uygulamasından sonra silaj amacıyla yetiştirilebilen olanakları (Yayın No. 338155) [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Loucka, R., Tyrolova, Y., Jancik, F., Kubelkova, P., Hemolka, P., & Jambor, V. (2018). Variation for *in vivo* digestibility in two maize hybrid silages. *Czech J. Anim. Sci.*, 63(1), 17-23. <https://doi.org/10.17221/37/2017-CJAS>
- McDonald, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E. (1991). The biochemistry of silage. second edition.. Chalcombe Publication. Pp 340.
- Neylon, J. M., & Kung, L. (2003). Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 86, 2163-2169. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73806-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73806-5)
- Öner, F., & Güneş, A. (2019). Bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin silajlık verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 42-50. <https://doi.org/10.33462/jotaf.516865>.
- Öner, F., & Güneş, A. (2019). Bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin silajlık verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 42-50.
- Özata, E., Öz, A., & Kapar, H. (2012). Silajlık hibrit mısır çeşit adaylarının verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(1), 37-41.
- Pamukçu, M., Erdal, Ş., Savur, O., Toros, A., & Özata, E. (2011). Beyaz hibrit mısır aday çeşitlerinin Antalya ve Samsun koşullarında performanslarının değerlendirilmesi. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül 2011, Bursa
- Seydoşoğlu, S., & Saruhan, V. (2017). Farklı ekim zamanlarının bazı silajlık mısır çeşitlerinde verim ve verim unsurlarına etkisinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(4), 377-383.
- Sheaffer, C. C., Halgerson, J. L., & Jung, H. G. (2006). Hybrid and N fertilization affect corn silage yield and quality. *J. Agronomy & Crop Science*, 192, 278-283. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00210.x>
- TUİK 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> Erişim Tarihi: 08.03.2023.

- Vartanlı, S. (2006). Ankara koşullarında hibrit mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi (Yayın No. 196319) [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yılmaz, M.F., Acar, N., & Kara, R., (2017). karamanmaraş koşullarına uygun silajlık mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin belirlenmesi. *Karamanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20 (Özel Sayı), 68-72. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.348911>.
- Yozgatlı, O., Başaran, U., Gülümser, E., Hanife, M., & Doğrusöz, M. Ç. (2019). Yozgat ekolojisinde bazı mısır çeşitlerinin morfolojik özellikleri verim ve silaj kaliteleri. *Karamanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2), 170-177. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.450938>



Analysis of Silos with Varying Wall Thicknesses Using the Finite Element Method (FEM) and Optimization of Structural Weight

Gülşah Erdoğan^{1,a} Hüseyin Güran Ünal^{2,b,*}

¹Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 37150, Kastamonu, Türkiye

²Kastamonu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, 37150, Kastamonu, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 13.08.2024 Accepted : 11.10.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Steel silo Weight optimization Static analysis Resource efficiency Different wall thicknesses</p>	<p>In this study, 85 silo models with varying sheet thicknesses and support elements were created for grain storage. The silo dimensions were fixed at a diameter of 4.77 meters and a height of 10.5 meters (excluding the roof) by using 1500×3000 mm steel sheets without cutting. The main goal of this study is to optimize the silos to reduce costs by minimizing the amount of structural material, which constitutes a significant portion of the overall cost of steel silos. St44 structural steel was chosen as the material for its weldability, machinability, and cost-effectiveness. To enhance the stability of the silo and minimize potential structural issues, NPU and flat bar support elements were incorporated into the design. The structural analyses of the silo models were carried out using ANSYS finite element software. In the analyses performed with ANSYS, the total deformation, strain, and stress values under static loading conditions were calculated for each silo model. Additionally, the total weight of each design was evaluated. By comparing the data obtained from these analyses, the optimal silo design that offers the best performance and cost balance was determined. It was found that the overall weight could be reduced by 58% by using sufficient support elements without increasing the thickness of the steel sheets during manufacturing. This finding significantly reduces material costs during production and offers an economical solution while maintaining structural performance.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1930-1937, 2024

Farklı Cidar Kalınlıklarına Sahip Siloların Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) ile Analizi ve Yapı Ağırlığının Optimizasyonu

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 13.08.2024 Kabul : 11.10.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Çelik silo Ağırlık optimizasyonu Statik analiz Kaynak verimliliği Farklı duvar kalınlıkları</p>	<p>Bu çalışmada, tahıl depolaması amacıyla farklı sac kalınlıkları ve destek elemanlarına sahip 85 adet silo modeli oluşturulmuştur. Silo boyutları, 1500×3000 mm sac tabakalar kesilmeksizin kullanılarak çapı 4,77 metre ve yüksekliği (çatı hariç) 10,5 olarak belirlenmiş ve araştırma süresince sabit tutulmuştur. Çalışmanın temel amacı, çelik siloların maliyetinin büyük kısmını oluşturan yapı malzemesini azaltarak maliyeti düşürmek için optimizasyon yapmaktır. Oluşturulan modeller için kaynaklanabilirlik, işlenebilirlik ve maliyet yönünden uygun malzeme olarak St44 yapı çeliği seçilmiştir. Silonun stabilitesini artırmak ve olası yapısal sorunları minimize etmek amacıyla, NPU ve lama destek elemanları tasarıma dahil edilmiştir. Oluşturulan silo modellerinin yapısal analizleri ANSYS sonlu elemanlar yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. ANSYS yazılımı kullanılarak yapılan analizlerde, her bir silo modeli için statik yükleme koşulları altında oluşan toplam deformasyon, gerinim ve gerilme değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, her bir tasarımın toplam ağırlığı da değerlendirilmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılarak, en uygun performans ve maliyet dengesini sağlayan optimum silo tasarımı belirlenmiştir. İmalat sırasında sac kalınlığını artırmadan, yeterli destek elemanlarının kullanılması ile genel ağırlığın %58 oranında azaltılabileceği tespit edilmiştir. Bu bulgu, imalat sırasında malzeme maliyetlerini önemli ölçüde düşürmekte ve yapısal performansı koruyarak ekonomik bir çözüm sunmaktadır.</p>

^a gulsherdgn@gmail.com

^{ib} <https://orcid.org/0009-0004-1186-5699>

^b guranunal@gmail.com

^{ib} <https://orcid.org/0000-0003-2891-3488>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Silolar, hububat, kömür, cevher gibi kohezyonsuz malzemelerin depolandığı ve korunduğu modern yapıların genel adıdır. En yaygın kullanılanları hububat silolarıdır. Hasat mevsiminde elde edilen ürünlerin yıl boyunca kullanılma ihtiyacı ve üretim ile tüketim miktarlarının yıllar içinde değişkenlik göstermesi, hububatin depolanmasını zorunlu kılmaktadır (Özel, 2007). Silolar günümüzde genellikle çelik konstrüksiyon olarak inşa edilmektedir. Ancak, betonarme, ahşap, alüminyum ve diğer malzemelerden yapılan silolara da rastlanmaktadır. Ekonomik nedenlerle silolar çoğunlukla dairesel olarak tasarlanır. Çeşitli tarım, hayvancılık ve endüstriyel üretim aşamaları, ince cidarlı metal siloların kullanımını diğer depolama yöntemleriyle birleştirmiştir. Beton silo yapılarına kıyasla çelik silolar daha hafiftir. Bu nedenle, ürünü hızlı ve kolay bir şekilde boşaltabilen, çeşitli yapısal mekanizmalar kullanarak yüklerini taşıyabilen, asimetrik yükler altında kolayca deforme olabilen ve eski şekline dönebilen elastik özelliklere sahiptir. Bu nedenle, çelik silolar uzun süreli veya kısa süreli olarak büyük miktarlarda ürünün depolanması için kullanılır. Son zamanlarda, madencilik, kimya, tarım ve gıda işleme gibi birçok sanayi sektörü tarafından da kullanılmaktadır. Taneli ürünlerin çelik silolarda güvenli ve ekonomik bir şekilde depolanması, ürünün mekaniksel özelliklerine göre hesaplanan gerilmelerle yapılı (Juan ve ark., 2006). Silolarda etkiyen yükler ve taşıyıcı sistem diğer yapı türlerinden farklıdır çünkü depolanan yığın katıların yoğunlukları, akışkanlıkları ve sürtünme gibi özellikleri depolanan materyale göre çok fazla değişkenlik gösterir. Bu nedenle silolar özel olarak tasarlanır ve değerlendirilir (Efe, 2020).

Yapılarda, sistem elemanlarının geleneksel yöntemlere dayalı çözümlerinde, rijit olarak kabul edildiği bilinmektedir. Bu yaklaşım, yapı sistemindeki yer değiştirmeleri hakkında detaylı bilgi sağlamamaktadır. Ancak sonlu elemanlar metodu, rijit cisim sınırlamasını aşmayı ve bu tür karmaşık problemleri çözmeyi mümkün kılar. Bu nedenle ANSYS, ABAQUS, SAP 65 ve SAP 2000 gibi sonlu elemanlar programlarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu programlar, yapısal analizlerde daha doğru sonuçlar elde etmek ve yapı davranışını daha detaylı şekilde incelemek için önemli araçlar sunmaktadır (Gallego ve ark. 2004; Özel, 2007). ANSYS, ürünlerin prototip üretimi yapılmadan önce sanal ortamda test edilmesine fırsat tanır. Bu sayede, daha maliyetli ve zaman alıcı bir süreç olan prototip üretimi yerine, simülasyon tabanlı analizler gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla günümüzde bilgisayar destekli mühendislik yöntemi tercih edilmektedir. Sanal ortamda yapılan 3 boyutlu simülasyonlar sayesinde, yapıların zayıf noktaları tespit edilebilir ve iyileştirmeler yapılabilir. Ayrıca kullanım ömrü hesaplamaları yapılarak olası problemler önceden öngörülebilir. Bu yöntem, yapıların tasarım sürecinde daha verimli ve güvenilir kararlar alınmasına yardımcı olur (Kibar, 2011).

Çelik siloların sonlu elemanlar yöntemiyle analizi üzerine yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Kibar, tıbbul fındık depolanması için en uygun silindirik gövdeli, konik çıkış ağızlı çelik silonun boyutlarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Üç farklı silo modeli farklı cidar kalınlıklarıyla analiz edilmiştir. Eurocode 1 ve Avustralya

standartlarına göre basınç yükleri hesaplanmış ve ANSYS yazılımıyla gerilmeler değerlendirilmiştir (Kibar, 2011). Zhao ve arkadaşları, büyük çelik siloların rüzgar basıncına maruz kaldığında nasıl burkulma davranışı gösterdiğini incelemiştir. Çalışmada, Eurocode standartlarına göre farklı yük durumları (boş ve dolu silo) için burkulma analizleri yapılmış, özellikle geometrik kusurların burkulma direnci üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir (Zhao ve ark., 2013). Tang ve arkadaşları, ince metal silindir şeklindeki siloların kompresif duvar sürtünme kuvvetlerinden kaynaklanan burkulma göçmesine karşı yapısal analizlerini yapmıştır. Abaqus sonlu elemanlar analizi kullanılarak, silindirik duvarlı ve profil çelik destekli iki tür çelik silo incelenmiştir (Tang ve ark., 2015). Sondej ve arkadaşları, yatay dalgalı levhalardan oluşan ve dikey ince duvarlı kolon profilleri ile güçlendirilmiş bir çelik silonun yarı-statik stabilite analizini yapmıştır. Analizler, hem doğrusal hem de doğrusal olmayan burkulma davranışlarını değerlendirerek, eksenel ve eksenel olmayan yüklerin etkilerini incelemiştir. Ayrıca, çeşitli sayısal modeller kullanılarak yapılan sonlu elemanlar simülasyonları ve saha ölçümleriyle elde edilen başlangıç kusurları dikkate alınarak silo boyutlandırması için öneriler geliştirilmiştir (Sondej ve ark., 2016). Zaccari ve Cudemo, bir termal enerji santralinde kullanılan çelik siloların eksantrik boşaltma nedeniyle yaşadığı burkulma göçmesini incelemeyi amaçlamıştır. Eksantrik boşaltma nedeniyle oluşan asimetrik basınçların Avrupa Standardı EN 1991-4'e göre karakterize edilmesi sağlanmış ve bu basınçların yapısal burkulma üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma, bu tür arızaları en aza indirmek için yapı güçlendirme tasarımlarını ve Avrupa Standardı EN 1993-1-6'ya dayalı öneriler sunmaktadır (Zaccari & Cudemo, 2016). Yaldran, genel amaçlı bir buğday silosu tasarlayarak, bu buğday silosuna olumsuz etki eden kuvvetleri ve bu kuvvetlere karşı silonun vermiş olduğu tepkileri incelemiştir. Oluşabilecek deformasyonları Statik Analiz, Modal Analiz, Harmonik Analiz, Titreşim Analizi ve Tepki Spektrumu Analizi yöntemleri ile analiz etmiştir (Yaldran, 2018). Çelik ve Köse, tahıl depolama silolarının sismik analizlerini ele alarak, bu tür yapıların depoladıkları malzemelerle birlikte sismik olaylar sırasında nasıl davrandığını incelemektedir. Özellikle ince cidarlı siloların sismik basınçlar altında kritik burkulma ve patlama riski taşıdığı vurgulanmıştır. Çalışma, silo içindeki tahılların dinamik basınçlarının doğru şekilde simüle edilmesi gerektiğini belirterek, sonlu elemanlar metodu ve ayrık elemanlar metodunun bir arada kullanılmasıyla daha gerçekçi analizler yapılmasını önermektedir (Çelik & Köse, 2020). Efe ve Çelik, farklı çaplara sahip silindirik çelik sıvı depolama silolarının yapısal performansını incelemiştir. Silo yüksekliği sabit tutulurken, üç farklı çapta silolar için rijitlik levhaları kullanılarak sayısal modeller oluşturulmuştur. Statik yük koşulları altında yapılan analizler, levha etkinliklerinin silo çapına göre nasıl değiştiğini ortaya koyan bir çalışmayı ele almışlardır (Efe & Çelik, 2020). Kibar, farklı cidar kalınlıklarına sahip iki çelik silo modelinin yapısal performansını ve yük etkilerini incelemektedir. ANSYS simülasyonları ile farklı cidar kalınlıklarının güvenli depolamada kullanılabilirliğini araştırmıştır (Kibar, 2020). Fawzy ve arkadaşları, buğday silosunun tasarım güvenlik faktörlerini değerlendirerek

yeterli olup olmadığını belirlemek üzerine bir çalışma yapmışlardır. Sızıntı nedeniyle yaşanan çökme olayı üzerinden yapılan sayısal analizle, güvenlik faktörlerinin her çelik halka için normalize edilerek, tasarımın dayanıklılığı incelenmiştir (Fawzy ve ark., 2021). Gandia ve arkadaşları, silolarda maksimum normal basınçları değerlendirmek için sonlu elemanlar yöntemi (FEM) kullanmıştır. Çalışmada, farklı duvar sürtünme katsayıları ve özgül ağırlıklar dikkate alınarak 3D FEM modelleri oluşturulmuştur (Gandia ve ark., 2021). Anil ve Lakshmi, çeşitli endüstrilerde kullanılan çelik siloların statik ve dinamik analizini incelemiştir. Çelik siloların, güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş yapılarını değerlendirerek, depolama koşullarında maruz kaldıkları statik ve dinamik yüklemeye etkileri analiz edilmiştir. Analiz, siloların geometri, malzeme ve sınır koşullarının idealize edilerek yapılmıştır. Özellikle rüzgar ve deprem gibi yüklerin silo stabilitesini nasıl etkilediği değerlendirilmiştir (Anil & Lakshmi, 2022). Rehman ve Wang, çeşitli yüklemeye koşullarına sahip özel bir çelik silonun tasarımını ve analizini ele almışlardır. İnceledikleri silolar Hindistan standartlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Silonun levha gerilmesini, kontur çizgilerini, kritik destekleri, giriş uç kuvvetlerini ve çelik malzeme ihtiyaçlarını belirlemeyi amaçlamışlardır (Rehman & Wang, 2023). Abdelbarr ve arkadaşları, kare ve dikdörtgen siloların tasarımında duvar esnekliğini dikkate alacak şekilde mevcut tasarım yaklaşımını değiştirmiştir. Duvar genişliği-kalınlık oranı ve silo boyutlarının duvar-dolum basıncına etkisi incelenmiş, mevcut rijit duvar varsayımlarının geçerliliği sorgulanmış ve yarı rijit ile esnek duvarlar için daha doğru basınç tahminleri yapabilen yeni bir Janssen tekniği ayarlaması önerilmiştir. Bu yeni yaklaşımın doğruluğu, çeşitli sonlu elemanlar modelleri ile test edilmiştir (Abdelbarr ve ark., 2024). Warayth, çelik siloların güçlendirmesi konulu bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada çelik siloyu GFRP malzemesi ile güçlendirilip, sonlu elemanlar metodu (SEM) kullanılarak dinamik analizi incelemiştir (Warayth, 2024).

Yapılan çalışmada, başlangıç olarak tüm katmanlarında aynı kalınlıkta sac kullanılan bir referans silo tasarımı oluşturulmuştur. Bu tasarımın statik analizi gerçekleştirilmiş ve toplam ağırlığı hesaplanmıştır. Referans silo, sonraki tasarımların değerlendirilmesinde esas alınmıştır. Sonraki aşamalarda, silonun gövde kalınlıkları üst katmanlara doğru kademeli olarak inceltilmiş ve yapısal stabiliteyi artırmak amacıyla çeşitli destek elemanları eklenmiştir. Toplamda 85 farklı silo tasarımı oluşturulmuş ve her biri, referans silo ile statik performans ve ağırlık açısından karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Bu analizler sonucunda, optimum silo tasarımı belirlenmiştir. Önceden yapılmış olan çalışmalarda, silonun her katmanında farklı sac kalınlıkları ve destek elemanları kullanılarak yapılan çözümlere rastlanmamıştır. Genellikle tek tip sac kalınlığı kullanılarak analizler yapılmıştır.

Kar yükü, rüzgar yükü, deprem yükü hesaplamalara dahil edilmeden, sadece siloya doldurulan tahılın ağırlığı dikkate alınarak, farklı yapı kalınlıkları ve destekleme elemanları kullanılarak silo ağırlığını düşürmek için çözümler yapıldığı bu çalışma ile silo üreticilerinin daha hafif ve daha düşük maliyetle silo üretebilmeleri için gerekli bazı yapısal çözümlerin sektörün dikkatine sunulması amaçlanmaktadır.

Materyal ve Metot

Silo Boyutları ve Yapısal Özellikleri

Bu çalışmada, tahıl depolaması amaçlanan bir çelik silo tasarlanmış ve bu silonun hafifletilebilmesi için optimizasyon denemeleri yapılmıştır. Silo tasarımları SolidWorks 2024 programı kullanılarak yapılmıştır. Silo boyutları için belirlenen ölçüler ve depolanacak olan tahıl yoğunluğu Çizelge 1’ de verilmiştir. Silo dış boyutları araştırma süresince sabit tutulmuştur.

Çizelge 1. Silo özellikleri

Table 1. Silo specifications

Özellik	Değer
Silo gövde yüksekliği	10,5 m
Silo çapı	4,77 m
Silo kapasitesi	187 m ³
Tahıl yoğunluğu	720 kg/m ³
Depolanacak tahıl miktarı	134.640 kg

Taşınabilir sac ölçüsünün 1500×3000 mm olarak seçildiği bu tasarımda, sacların zayıf vermeden optimum düzeyde kullanımı sağlanmıştır. Bu boyutlarda her sırada 5 sac levha kullanılarak silonun çapı ve yüksekliği hesaplanmıştır. Sacların her sırada 5 levha olarak kullanılması sonucunda silonun çapı 4,77 metre olarak hesaplanmıştır. Silo yüksekliği, her bir sac levhanın 1500 mm yüksekliğinde olduğu ve toplamda 7 kat kullanıldığı göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, çatı hariç 4,77 metre çapında ve 10,5 metre yüksekliğinde bir silo tasarlanmıştır. Bu tasarım, sacların en verimli şekilde kullanılması ve minimum malzeme zayıfı ilkeleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Çelik silo üretiminde kullanım yerine ve ortam koşullarına göre farklı çelik türleri tercih edilmektedir. Silo malzemesi olarak, piyasada kolaylıkla bulunabilen, yaygın olarak kullanılan ve TS EN 1993-1-1 standardına uygun olan St44 yapı çeliği kullanılacaktır. Malzemenin kimyasal özellikleri, akma-çekme dayanımlarını, kaynak edilebilirliği, kaynak işçiliğini ve malzemenin işlenebilirliğini etkilemektedir. Malzeme seçiminde; akma-çekme dayanımları, kaynak edilebilirlik, korozyon direnci ve fiyat dikkate alınmıştır. Seçilen sac malzemenin ve destek elemanlarının özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Mühendislik tasarımlarında malzemelerin maksimum izin verilen gerilmelerini belirlemek için emniyet katsayısına karar verilmelidir. St44 çeliğinin kopma dayanımı göz önünde bulundurularak, emniyet katsayısı 2,5 olarak belirlenmiş ve emniyet gerilmesi 17-18 MPa olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 2. Sac malzeme ve destek elemanı özellikleri

Table 2. Sheet material and support element specifications

Özellik	Değer
Malzeme	St44
Akma Dayanımı (MPa)	275
Çekme Dayanımı (MPa)	430-580
% Uzama	23
Yoğunluk (g/cm ³)	7,85

SolidWorks Programı ile Silo Modelleme

Sadece sac levhalardan imal edilen silolar

Silo tasarımında kullanılacak boyutlar ve malzeme belirlendikten sonra, SolidWorks yazılımında modelleme gerçekleştirilmiştir. İlk modelleme aşamasında, tüm katlar için 5 mm kalınlığında sac levhalar kullanılmıştır. Kullanılan sac levhaların boyutları 1500×3000 mm olup, silo yedi kattan oluşmaktadır (Şekil 1).

Destek elemanlı imal edilen silolar

Tasarlanacak olan farklı silo modellerinde gövde kalınlıkları değiştirilecektir. Emniyeti sağlamak ve optimum sonuçları elde etmek için destek elemanları kullanılması planlanmaktadır. Destek elemanlarının adetlerine karar verilirken, gövdede kullanılan sacların kaynak dikişi hatları dikkate alınmıştır. Kullanılacak olan destek elemanları ve adetleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Destek elemanları 2 grupta kullanılmıştır. NPU profiller silonun yüksekliği boyunca 5,10 ve 15 adet dikine yerleştirmiştir. Lama demirleri ise silo çapında bükülürük yatay ekseninde silo sacının etrafına 7 ve 14 adet olarak sarılmıştır. Destek elemanları kullanılarak modellenen silo örnekleri Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 3. Destek elemanları ve adetleri

Table 3. Support elements and quantities

Destek Elemanı	Adet
NPU50 NPU30	5
	10
	15
Lama 6×80 mm	7
Lama 5×50 mm	14

ANSYS Programı ile Silo Analizi

ANSYS programında analiz yapmak için bazı temel adımları uygulamak gerekmektedir. Bunlar, model oluşturmak veya CAD programlarında çizilmiş olan verileri almak, modelleri basitleştirmek, hataları gidermek, kaliteli mesh oluşturmak, malzeme özelliklerini tanımlamak, sınır şartlarını belirlemek, uygulanacak olan yüklemeleri tanımlamak, çözüm parametrelerini belirlemek, sonuçları incelemek ve yorumlamaktır.

Yapı çeliği, ANSYS'in hazır malzeme kütüphanesinden seçilmiştir. Bu kütüphane, yapı çeliği gibi yaygın olarak kullanılan malzemeler için doğrulanmış ve standart özellikler sunmaktadır. Bu özellikler arasında malzemenin elastisite modülü, Poisson oranı, akma dayanımı ve yoğunluk gibi parametreler yer alır. Analizlerde başka parametreler dikkate alınmamıştır.

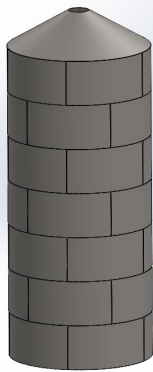
Mesh, analiz edilen yapının geometrisine uygun olarak düzgün bir şekilde dağıtılmalıdır. Çok yoğun bir mesh, çözüm süresini önemli ölçüde artırırken, çok seyrek bir mesh de çözümün doğruluğunu düşürebilir. Kaliteli bir mesh, bu iki faktörü dengeleyerek doğru sonuçlar elde etmeye olanak sağlar.

Analizin doğruluğu ve verimliliği için farklı mesh boyutları ve tipleri denenerek optimum mesh bulunmuştur. Farklı mesh yoğunluklarıyla yapılan analizler sonucunda çözümün değişmediği bir noktada mesh boyutu sabitlenmiştir. Aynı geometri üzerinde farklı yoğunluklarda mesh oluşturularak analiz tekrarlanmıştır. Mesh boyutu küçüldükçe çözüm daha hassas hale gelir, ancak bir noktadan sonra çözümde önemli bir değişiklik olmaz. Bu noktaya ulaşıldığında en uygun mesh boyutu seçilmiştir. Farklı eleman tipleri (dörtgen, tetrahedral, hexahedral) kullanılarak çözüm doğruluğu ve çözüm süresi açısından karşılaştırma yapılmıştır. Mesh yoğunluğu ve tipi açısından yapılan bu çalışmalar sonucunda, çözümün doğruluğunu fazla etkilemeyen ama hesaplama süresini minimize eden optimum mesh yapısı belirlenmiştir. Yapılan analizlerde malzemenin her üç boyutu da önemli olduğu ve sac kalınlıkları dikkate alındığı için Solid elemanlar kullanılmıştır.

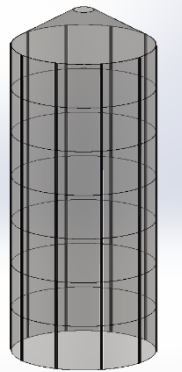
ANSYS programında silo statik analizi

Statik analiz, bir yapı üzerindeki sabit veya zamanla değişmeyen yüklerin etkisini incelemek için kullanılan bir yöntemdir. Silolar, genellikle uzun süreler boyunca sabit bir şekilde dolu veya boş kaldığından, bu tür yüklerin analizi önemli hale gelir. Silo içindeki malzemenin ağırlığı gibi sabit yükler, silo yapısında gerilme, deformasyon ve stabilite üzerinde belirleyici etkilere sahiptir. Statik analiz, silo duvarlarında ve temelinde oluşan gerilme ve deformasyonları hesaplayarak, malzemenin mukavemet sınırlarını aşabilecek kritik bölgeleri tespit etmeye olanak sağlar. Böylece bu bölgelerde daha fazla inceleme yapılabilir veya gerektiğinde güçlendirme çalışmaları planlanabilir. Ayrıca statik analiz, sabit yük durumlarına odaklandığı için dinamik etkileri göz ardı eder ve silo tasarımının güvenli bir şekilde yapılmasına, tehlikeli gerilme bölgelerinin tespitine ve yapısal stabilitenin değerlendirilmesine olanak tanır.

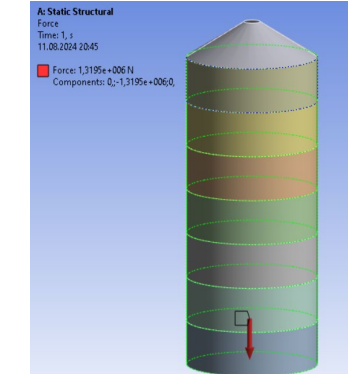
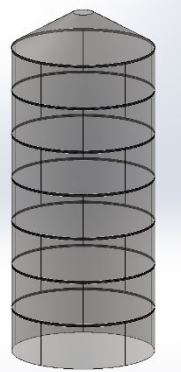
Silo tasarımı yapılırken silonun altı sac levhayla kapatılmıştır ve silo tabanının zemine oturduğu bölgeye sabit destek (fixed support) uygulanmıştır. Böylece yapının zeminle tamamen sabit olduğu varsayılmıştır. Silo içerisindeki malzeme, yapı üzerinde önemli yükler oluşturur. Silo içindeki malzemenin ağırlığı düşey yönlü bir kuvvet (Force) olarak uygulanmıştır.



Şekil 1. Silo modeli
Figure 1. Silo model



Şekil 2. Destek elemanlarına sahip silo modelleri
Figure 2. Silo models with support structures



Şekil 3. Siloya uygulanan kuvvet
Figure 3. Force applied to the silo

Çizelge 4. Silo 5 statik analiz sonuçları

Table 4. Static analysis results of Silo 5

	Kat Kalınlık (mm)	Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)
Silo 5	5,0	6.182,05	0,46143	0,000087	17,47
	5,0				
	5,0				
	5,0				
	5,0				
	5,0				

Çizelge 5. Silo 5.3 statik analiz sonuçları

Table 5. Static analysis results of Silo 5.3

	Kat Kalınlık (mm)	Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)
Silo 5.3	1,5	3.797,50	0,68873	0,000088	17,6
	1,5				
	2,5				
	3,0				
	3,5				
	4,5				
5,0					

Tasarımı yapılan, tüm gövdesinde sac kalınlığı 5 mm olan silonun ANSYS programında statik analizi yapılmıştır. Analiz kapsamında silo ağırlığı, toplam deformasyon, gerinim ve gerilme değerleri karşılaştırılmıştır. Silo, toplam 134.640 kg tahıl depolama kapasitesine sahiptir. Uygulanan yükler silonun iç hacminin tahıl ile doldurulması durumunda elde edilen ağırlık olarak kabul edilmiştir. Statik analiz sırasında siloya düşey yönde 1.319.472 N kuvvet uygulanmıştır (Şekil 3). Kar yükü, rüzgâr yükü, deprem yükü gibi kuvvetler bu çalışma sırasında hesaba katılmamıştır.

Bulgular ve Tartışma

Öncelikle belirlenen dış boyutlarda tüm katları 5 mm'lik sactan imal bir silo tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Yapılan analizde maksimum gerilme değeri 17,47 MPa bulunmuştur. Emniyetli gerilme ile uyumu sebebiyle bu silo referans olarak kabul edilmiştir. Tasarımda yapılacak düzenlemeler ile tavsiye edilen emniyet gerilmesi olan 17-18 MPa değerinin üzerine çıkmadan silo hafifletilmeye çalışılmıştır. Referans silo ağırlığımız 6.182,05 kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Silolar, ilk katmanlarındaki başlangıç sac kalınlıklarından yardım alınarak kodlanmıştır. Bu silo Silo 5 olarak adlandırılmıştır.

Devam eden analizlerde destek elemanı kullanmadan sac kalınlıkları inceltilerek emniyet gerilmesinin üzerine çıkılmadan çözümlenmeler yapılmıştır. Kademeli olarak yukarı doğru 5 mm'den 1,5 mm'ye kadar inilmiştir. Bu doğrultuda Silo 5.3'ün uygunluğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). Silo ağırlığı 3.797,50 kilograma düşürülmüştür.

Sonrasında silonun ilk katında kullanılan sac kalınlığı 4 mm'ye indirilmiş ve bu yeni tasarımlar ANSYS programı kullanılarak birçok farklı sac kalınlığı detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde, sac levha kalınlıkları üst katmanlara doğru kademeli olarak inceltildiği için siloların gerilme değerleri referans değer 17,47 MPa'nın üzerine çıkmış (30,56 MPa) ve bu durum üst katmanlarda

gerilme ve deformasyon değerlerinin artmasına sebep olmuştur. Bu olumsuz etkileri dengelemek ve yapısal bütünlüğü korumak amacıyla tasarıma destek elemanları eklenmiştir. Destek elemanları kullanılarak yapılan düzenlemeler sayesinde, gerilme değerleri emniyetli seviyelere çekilmiş ve siloların güvenliği sağlanmıştır. Yapılan düzenlemelerin ardından, analiz sonuçları Çizelge 6'da detaylı olarak sunulmuştur.

Tasarlanan Silo 4.4 adlı modeller arasında yapılan değerlendirme sonucunda, optimum silo tasarımının 5 numaralı silo olduğu belirlenmiştir. Bu silo tasarımında (Silo 4.4-5), gövde için 10 adet NPU 30 profil kullanılmış ve silonun toplam ağırlığı 3.008,75 kg olarak hesaplanmıştır. Destek elemanları kullanıldığında yapılan statik analizler sonucunda, silonun güvenli olduğu doğrulanmıştır. Referans emniyetli gerilmenin (17-18 MPa) altında 11,39 MPa değeri ile bu grubun en hafif silosu tasarlanmıştır (Şekil 4).

Bu doğrultuda, tasarlanan silonun ilk katında bulunan sac kalınlığı 3 mm'ye düşürülmüş ve bu yeni tasarımlar ANSYS programı kullanılarak detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 7'de detaylı olarak sunulmuştur.

Tasarlanan Silo 3.3 adlı modelde ağırlık 2.384,50 kg'a düşürülse de oluşan gerilme 36,97 MPa ile emniyetli gerilmenin üzerinde tespit edildiğinden, destek elemanlı analizlere devam edilmiş ve sonrasında yapılan değerlendirme sonucunda, optimum silo tasarımının Silo 3.3-5 olduğu belirlenmiştir. Bu silo tasarımında, gövde için 10 adet NPU 30 profil kullanılmış ve silonun toplam ağırlığı 2.567,20 kg olarak hesaplanmıştır. Destek elemanları kullanıldığında yapılan statik analizler sonucunda, silonun güvenli olduğu (7,31 MPa) doğrulanmıştır (Şekil 5).

Denemeler sırasında Silo 3.3'ün gövde kalınlıkları için yeni bir tasarım geliştirilmiştir. Bu tasarım sürecinde, silo gövdesine ek destek sağlamak amacıyla 7 adet 5×50 mm lama demiri ve 5 adet NPU 30 profil beraber kullanılmıştır.

Çizelge 6. Silo 4.4 Statik analiz sonuçları

Table 6. Static analysis results of Silo 4.4

Silo 4.4	Kat Kalınlık (mm)	Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)
	1,5	2.826,05	0,94631	0,000153	30,56
1,5					
2,0					
2,0					
3,0					
4,0					

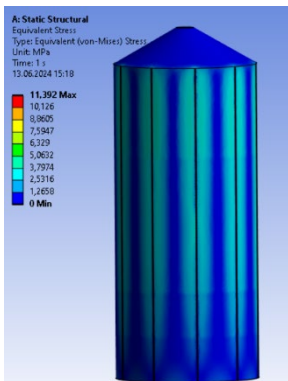
Silo No	Destek Elemanı	Adet	Toplam Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)
1	NPU 50	5	3.028,70	0,06539	0,000094	17,79
2	NPU 50	10	3.231,35	0,01509	0,000039	7,43
3	NPU 50	15	3.434,00	0,00676	0,000023	4,18
4	NPU 30	5	2.917,40	0,00669	0,000094	18,46
5	NPU 30	10	3.008,75	0,02572	0,000060	11,39
6	NPU 30	15	3.100,10	0,00662	0,000030	4,72
7	Lama 6×80 mm	7	3.220,22	0,00570	0,000015	2,92
8	Lama 6×80 mm	14	3.614,39	0,00114	0,000006	1,12
9	Lama 5×50 mm	7	3.031,36	0,00591	0,000015	2,98
10	Lama 5×50 mm	14	3.236,67	0,00131	0,000007	1,30

Çizelge 7. Silo 3.3 statik analiz sonuçları

Table 7. Static analysis results of Silo 3.3

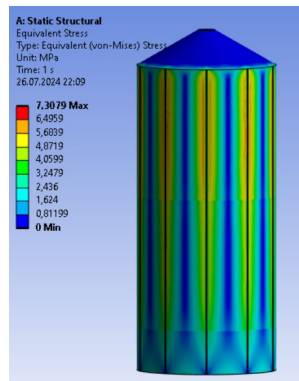
Silo 3.3	Kat Kalınlık (mm)	Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)
	1,5	2.384,50	1,1214	0,000185	36,97
1,5					
1,5					
2,0					
2,0					
3,0					

Silo No	Destek Elemanı	Adet	Toplam Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)
1	NPU 50	5	2.587,15	0,07864	0,000083	16,67
2	NPU 50	10	2.789,80	0,01939	0,000033	6,56
3	NPU 50	15	2.992,45	0,00663	0,000021	3,32
4	NPU 30	5	2.475,85	0,07912	0,000093	18,02
5	NPU 30	10	2.567,20	0,01948	0,000040	7,31
6	NPU 30	15	2.658,55	0,00803	0,000023	4,26
7	Lama 6×80 mm	7	2.778,67	0,00635	0,000017	3,42
8	Lama 6×80 mm	14	3.172,84	0,00132	0,000007	1,45
9	Lama 5×50 mm	7	2.589,81	0,00659	0,000017	3,48
10	Lama 5×50 mm	14	2.795,12	0,00146	0,000008	1,57



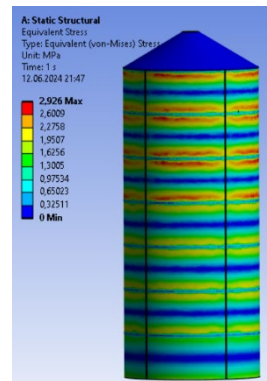
Şekil 4. Silo 4.4-5 gerilme değerleri

4.4-5



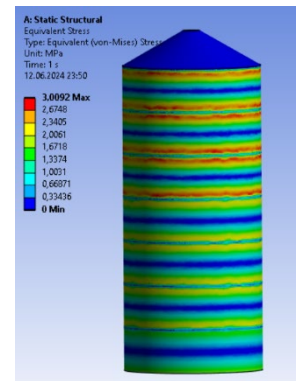
Şekil 5. Silo 3.3-5 gerilme değerleri

3.3-5



Şekil 6. Silo3.3-11 gerilme değerleri

3.3-11



Şekil 7. Silo 3.3-12 gerilme değerleri

3.3-12

Figure 4. Stress values of SiloFigure 5. Stress values of SiloFigure 3. Stress values of SiloFigure 1. Stress values of Silo

Çizelge 8. Silo 3.3-11 ve Silo 3.3-12 numaralı siloların statik analiz sonuçları

Table 8. Static analysis results of Silos 3.3-11 and 3.3-12

Silo No	Kat Kalınlık (mm)		Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)
	3.3	1,5	1,5	2.384,50	1,1214	0,000185
	1,5					
	2,0					
	2,0					
	2,0					
	3,0					
Silo No	Destek Elemanı	Adet	Toplam Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)
11	NPU 30	5	2.681,16	0,00591	0,000014	2,93
	Lama 5×50 mm	7				
Silo No	Destek Elemanı	Adet	Toplam Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)
12	Lama 3×50 mm	3	2.542,88	0,00599	0,000016	3,01
	Lama 4×50 mm	2				
	Lama 5×50 mm	2				

Çizelge 9. Tasarlanan siloların statik analiz sonuçları ve ağırlık değişimleri

Table 9. Static analysis results and weight variations of the designed silos

Silo No	Toplam Silo Ağırlık (kg)	Toplam Deformasyon (mm)	Gerinim (mm/mm)	Gerilme (MPa)	Hafifleme Oranı (%)
Silo 5 (Referans)	6.182,05	0,46143	0,000087	17,47	0
Silo 5.3	3.797,50	0,68873	0,000088	17,60	38,57
Silo 4.4	2.826,05	0,94631	0,000153	30,56	54,29
Silo 4.4-5	3.008,75	0,02572	0,000060	11,39	51,33
Silo 3.3	2.384,50	1,12140	0,000185	36,97	61,43
Silo 3.3-5	2.567,20	0,01948	0,000040	7,31	58,47
Silo 3.3-11	2.681,16	0,00591	0,000014	2,93	56,63
Silo 3.3-12	2.542,88	0,00599	0,000016	3,01	58,87

Bu yeni tasarım, önceki versiyonlardan farklı olarak, NPU 30 profil ve 5×50 mm lama demiri aynı anda kullanılarak güçlendirilmiştir. Toplam silo ağırlığı 2681,16 kg olurken, maksimum gerilme 2,93 MPa (Şekil 6) tespit edilmiştir. Silo 3.3-11 olarak adlandırılan tasarımın statik analiz sonuçları ve silo toplam ağırlıkları Çizelge 8'de verilmiştir.

Bir diğer denemede Silo 3.3'e yukarı doğru kesiti azalacak şekilde ek yerlerine 2 adet 5×50 mm, 2 adet 4×50 mm ve 3 adet 3×50 mm lama takviyesi yapılarak Silo 3.3-12 elde edilmiştir. Toplam ağırlık 2.542,88 kg olurken, maksimum gerilme 3,01 MPa (Şekil 7) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 8).

Sonuç ve Öneriler

Çelik silo tasarımlarının tahıl depolaması için optimize edilmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, silo tasarımları, SolidWorks 2024 yazılımı kullanılarak modellenmiş ve sonrasında ANSYS sonlu elemanlar yazılımı ile statik analizler yapılmıştır. Bu analizlerde toplam deformasyon, gerinim ve gerilme değerleri dikkate alınarak emniyetli silo tasarımları belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, emniyetli çıkan silolar arasından toplam ağırlık, toplam deformasyon, gerinim, gerilme değerleri ve maliyet gibi kriterler göz önünde bulundurularak optimum silo seçimi yapılmıştır.

ANSYS sonlu elemanlar yazılımı ile statik analizleri yapılan tüm silolar arasından seçim kriterleri değerlendirildiğinde modellenen Silo 3.3-12'nin uygun silo olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Seçilen silonun toplam ağırlığı 2.542 kg'dır. Referans olarak alınan Silo 5'e göre %58,87 hafifletilmiş ve emniyet gerilmesi de düşürülmüştür (Çizelge 9). Silo gövdesinde emniyeti sağlamak için çeşitli boyutlarda lama demirleri kullanılmıştır. Bu destek elemanları sayesinde silo toplam deformasyon değeri 0,00599 mm, gerinim değeri 0,000016 mm/mm ve gerilme değeri 3,01 MPa olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, Silo 3.3-12'nin tahıl depolama amacıyla kullanılacak çelik silolar arasında hem emniyetli hem de ekonomik bir seçenek olduğunu göstermektedir. Silo 3.3-12'nin düşük deformasyon ve gerinim değerleri, yapının sağlamlığını ve uzun ömürlülüğünü artırırken, düşük gerilme değerleri de yapının güvenli bir şekilde kullanılabilmesini teyit etmektedir.

Bu süreçte elde edilen veriler, silo tasarımında kullanılan malzeme kalınlıklarının ve destek elemanlarının kritik önemde olduğunu vurgulamaktadır. Optimum tasarımın belirlenmesi, mühendislik uygulamalarında yapısal güvenliğin ve performansın sağlanması için gereklidir.

Düz tabanlı silolar, dolum ve boşaltım sırasında içindeki malzemenin ağırlığı ile desteklenen yapılar olduğundan, statik yükler (malzeme ağırlığı) analizde öncelikli olarak değerlendirilmiştir. Düz tabanlı silolarda,

dolum sırasında malzeme genellikle duvarlara eşit şekilde dağılır. Bu yüzden dolum ve boşaltım sırasındaki dinamik yüklerin etkisi, başlangıç aşamasında ihmal edilmiştir ve dolum sırasındaki etkiler daha az kritik olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, yapılan analizler ve alınan önlemler, silo tasarımının güvenliğini artırmak ve toplam ağırlığı minimuma indirerek verimliliği maksimize etmek adına önemli bir adım oluşturmaktadır. Optimizasyon çalışmasında en önemli maliyetin silo malzemesi olması sebebiyle ağırlık azaltma üzerinde durulmuştur fakat eklenecek destek elemanlarının bir miktar işçilik masraflarını artıracığı da unutulmamalıdır. Analiz kapsamında statik yüklere ve malzeme ağırlığına odaklanılmıştır. Dış yükler bu aşamada göz ardı edilmiştir. Yapılacak yeni çalışmalarda kar yükü-rüzgar yükü-deprem yükü gibi dış kuvvetlerin etkisinin de beraber incelenmesi yerinde olacaktır. Bu çalışma ile silo üreticilerinin daha hafif ve daha düşük maliyetle çelik silo üretebilmeleri için gerekli destek elemanı takviyeli bazı yapısal yenilikçi çözümler ortaya konmuş, sektöre yeni tasarımlar için ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Bilgi

Teşekkür

Bu yayın, Gülşah Erdoğan'ın, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Ana Bilim Dalı bünyesinde yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasının bir kısmından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Abdelbarr, M. H., Ramadan, O. M., Hilal, A., Sanad, A. M., & Abdalla, H. A. (2024). Current design of rectangular steel silos: limitations and improvement. *Journal of Engineering and Applied Science*, 71(1), 77.
- Anil, N. E., & Lakshmi, P. (2022). Comparative study of finite element analysis of steel silos with rectangular and stiffeners. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 10, 1-9.
- ANSYS Inc. (2024). ANSYS Mechanical User's Guide.
- Çelik, A. İ., & Kose, M. M. (2020). Çelik Tahıl Depolama Silolarının Sismik Analizi Üzerine Genel Bir Değerlendirme Ve Yeni Analiz Yaklaşımları. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(2), 501-520.
- Efe, M. E., & Çelik, D. (2020). Rijitleştirme Levhaları ile Güçlendirilmiş Silindirik Çelik Siloların Yapısal Davranışının İncelenmesi. *Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 1124-1139.
- Efe, M. E. (2020). *Hidrodinamik Etki Altındaki Silo Tipi Çelik Yapıların Sıvı Çalkantısına Bağlı Yapısal Davranışın İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği.
- Fawzy, M. A., Adel, A., & Shawky, M. M. (2021, August). Case Study: Numerical Analysis of Collapsed Steel Tower Silo to Quantify the Design Safety Factors. In *The International Undergraduate Research Conference* (Vol. 5, No. 5, pp. 219-227). The Military Technical College.
- Gallego, E., Goodey, R. J., Ayuga, F., & Brown, C. J. (2004). *Some practical features in modelling silos with finite elements*. ASABE Meeting Presentation Paper No. 044150.
- Gandia, R. M., Gomes, F. C., de Paula, W. C., & Aguado, P. J. R. (2021). Influence of specific weight and wall friction coefficient on normal pressures in silos using the Finite Element Method. *Revista Engenharia na Agricultura-REVENG*, 29(Continua), 192-203.
- Juan, A., Moran, J.M., Guerra, M.I., Couto, A., Ayuga, F., & Aguado, P.J. (2006). Establishing stress state of cylindrical metal silos using finite element method: Comparison with ENV 1993. *Thin-Walled Structures*, 44, 1192-1200.
- Kibar, H. (2011). Tombul Fındık Depolamasında Tane Özelliklerine Bağlı Olarak ANSYS Programıyla Optimum Silo Tasarımı. OMÜ. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Samsun*.
- Kibar, H. (2020). Farklı Cidar Kalınlıklarına Sahip Buğday Silosunda Doldurma ve Boşaltma Koşullarına Bağlı Olarak Gerilme Dağılımının Simülasyonu. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 517-537.
- Özel, K. (2007). *Çelik Hububat Silolarının Tasarım Esasları* (Yüksek Lisans Tezi). Konya Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Rehman, K. U., & Wang, K. (2023). Analysis and Design of Steel Silo using STAAD. ProV8i. *Babylonian Journal of Mechanical Engineering*, 2023, 20-28.
- SolidWorks Corporation. (2024). SolidWorks Simulation User's Guide.
- Sondej, M., Iwicki, P., Wójcik, M., & Tejchman, J. (2016). Stability analyses of a cylindrical steel silo with corrugated sheets and columns. *Steel and Composite Structures*, 20(1), 147-166.
- Tang, Z., Zhou, D., Peng, C., & Wu, W. (2015). The structural analysis of steel silos with cylindrical-wall bearing and profile-steel bearing. *Stavební obzor-Civil Engineering Journal*, 24(2).
- Warayth, M. O. M. (2024). *Çelik siloların GFRP ile güçlendirilmesinin sonlu elemanlar metodu kullanılarak incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Yaldıran, F. (2018). *Bir buğday silosunun ANSYS programı kullanılarak analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Zaccari, N., & Cudemo, M. (2016). Steel silo failure and reinforcement proposal. *Engineering failure analysis*, 63, 1-11.
- Zhao, Y., Cao, Q. S., & Su, L. (2013). Buckling design of large circular steel silos subject to wind pressure. *Thin-Walled Structures*, 73, 337-349.



Determination of Antimicrobial Activity of Some Medicinal and Aromatic Plant Extracts on Antibiotic Resistant *Escherichia coli* Strains

Bahar Güngör^{1,a,*}

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, 55139, Samsun, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 26.08.2024 Accepted : 28.10.2024</p> <p>Keywords: Medicinal and aromatic plants Ginger Garlic Mint Antibiotic resistance</p>	<p>This study was carried out to determine the <i>in vitro</i> antimicrobial activity of ginger (<i>Zingiber officinale</i>), garlic (<i>Allium sativum</i> L.) and mint (<i>Mentha piperita</i> L.) medicinal and aromatic plant extracts prepared by using different solvents against multiple antibiotic resistant <i>Escherichia coli</i> strains. For the preparation of ginger, garlic and mint extracts, ethanol, methanol, acetone and distilled water were used as solvents. After the determination of the extraction efficiency of the solvents, the <i>in vitro</i> antimicrobial activity of the prepared extracts was determined by disk diffusion method using six different multi-antibiotic resistant <i>E. coli</i> strains (EC1-6). The extraction yield obtained from mint extraction using water or methanol as solvent was higher ($P<0.001$) than acetone and ethanol. Similarly, the extraction yield of ginger and garlic samples using water was higher ($P=0.013$ and $P<0.001$, respectively) than the other solvents. Ethanol and methanol extracts of ginger showed ($P=0.020$ and $P=0.026$, respectively) antimicrobial activity against <i>E. coli</i> EC2 and EC4 strains. However, ginger extracts did not affect ($P>0.05$) other <i>E. coli</i> strains. Ethanol and methanol extracts of garlic demonstrated antibacterial activity against all <i>E. coli</i> strains except the <i>E. coli</i> EC2 strain ($P<0.05$). However, no antimicrobial activity of mint extracts prepared using different solvents was detected against any <i>E. coli</i> strains. The study results showed that ginger ethanol or methanol extracts and garlic ethanol extracts can be used as antimicrobial agents against the <i>E. coli</i> strains.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1938-1943, 2024

Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitki Ekstraktlarının Antibiyotik Dirençli *Escherichia coli* Suşları Üzerine Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 26.08.2024 Kabul : 28.10.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Tıbbi ve aromatik bitkiler Zencefil Sarımsak Nane Antibiyotik direnç</p>	<p>Bu çalışmada zencefil (<i>Zingiber officinale</i>), sarımsak (<i>Allium sativum</i> L.) ve nane (<i>Mentha piperita</i> L.) tıbbi ve aromatik bitkilerinden farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan ekstraktların çoklu antibiyotik dirençli <i>Escherichia coli</i> suşları üzerine <i>in vitro</i> antimikrobiyal aktivitesi belirlenmiştir. Zencefil, sarımsak ve nane ekstraktlarının hazırlanmasında çözücü olarak etanol, metanol, aseton ve saf su kullanılmıştır. Çözücülerin ekstraksiyon verimi belirlendikten sonra hazırlanan ekstraktların <i>in vitro</i> antimikrobiyal aktivitesi altı farklı çoklu antibiyotik dirençli <i>E. coli</i> suşu (EC1-6) kullanılarak disk difüzyon yöntemiyle belirlenmiştir. Çözücü olarak su veya metanol kullanılan nane ekstraksiyonundan elde edilen ekstraksiyon verimi, aseton ve etanolden daha yüksek bulunmuştur ($P<0,001$). Benzer şekilde, zencefil ve sarımsak örneklerinden su kullanılarak alınan ekstraksiyon verimi diğer çözücülerden daha yüksek olmuştur (sırasıyla $P=0,013$ ve $P<0,001$). Zencefil etanol ve metanol ekstraktlarının <i>E. coli</i> EC2 ve EC4 suşlarına karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği (sırasıyla $P=0,020$ ve $P=0,026$), buna karşın diğer <i>E. coli</i> suşları üzerine zencefil ekstraktlarının herhangi bir etkisi olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir. Benzer şekilde, sarımsak etanol ve metanol ekstraktlarının <i>E. coli</i> EC2 suşu dışındaki tüm <i>E. coli</i> suşlarına antibakteriyel etki gösterdiği belirlenmiştir ($P<0,05$). Bununla birlikte, farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan nane ekstraktlarının hiçbir <i>E. coli</i> suşuna karşı antimikrobiyal aktivitesi tespit edilmemiştir. Çalışmanın sonuçları, zencefil etanol veya metanol ekstraktlarının, sarımsak etanol ekstraktlarının çalışılan <i>E. coli</i> suşlarına karşı antimikrobiyal ajan olarak kullanılabilceğini göstermiştir.</p>

^a bahargariopoglugunor@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7338-5878>



Giriş

Kolibasillozis, kanatlı hayvanlarda gelişen bakteriyel enfeksiyonların en önemlilerinden biridir (Halfaoui ve ark., 2017). Kanatlı yetiştiriciliğinde kolibasillozis olgusu temel olarak patojenik *E. coli* suşlarının enfeksiyonlarından kaynaklanmaktadır (Solà-Ginés ve ark., 2015). Bu hastalık yüksek ölüm oranı, karkas kusurları, tedavisi ve korunma masrafları nedeniyle kanatlı sektöründe önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Azam ve ark., 2019). Kanatlı yetiştiriciliğinde karşılaşılan enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde antibiyotikler kullanılabilir. Buna karşın, antibiyotiklerin uzun süreli ve yanlış kullanımı sonucu bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç geliştirmesi, kolibasillozisin antibiyotiklerle tedavi edilmesini güçleştirmiş ve bu durum kanatlı sektörünün önemli bir problemi haline gelmiştir (Yassin ve ark., 2017).

Tıbbi ve aromatik bitkiler, çok eski zamanlardan beri hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Ložienė ve ark., 2007). Zencefil (*Zingiber officinale*), Zingiberaceae ailesine ait yumru köklü çiçekli bir bitkidir. Kök sapı birçok ülkede yemek ve gıda takviyesi olarak geleneksel tıpta kullanılabilir (Beristain-Bauza ve ark., 2019). Zencefil ekstraktlarının *E. coli* üzerine antibakteriyel etkisi olduğu bildirilmiştir (Amrita ve ark., 2009).

Sarımsak (*Allium sativum* L.), uzun yıllardan beri geleneksel tıpta sıklıkla kullanılan, Alliaceae ailesine ait soğanlı bitkilerden tıbbi ve aromatik bir bitki türüdür. Sarımsak organik sülfidler, saponinler, fenolik bileşikler ve polisakkaritler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler içermektedir (Shang ve ark., 2019). Sarımsak ekstraktının etlik piliçlerden izole edilen *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Ziarlarimi ve ark., 2011).

Nane (*Mentha piperita* L.), insan beslenmesinde baharat olarak kullanılan ve geleneksel tedavi yöntemlerinde sıklıkla başvurulan Lamiaceae ailesine mensup tıbbi ve aromatik bir bitkidir. Nane mentol, rozmarinik asit, alkol, terpenoid ve fenolik maddeler gibi antimikrobiyal ve antioksidan etkili bileşikler içerdiği bildirilmiştir (Wani ve ark., 2022). Nane yaprağı ekstraktlarının çoklu antibiyotik dirençli *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkili olduğu bildirilmiştir (Shalayel ve ark., 2017).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin ekstraksiyonunda etkinliği etkileyen unsurlar arasında ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon yöntemi, kullanılan çözücü vb. gibi birçok faktör bulunmaktadır. Buna karşın ekstraksiyonda kullanılan çözücü tipi, bitkideki farklı fenolik bileşenlerin hapsedilmesi ve dolayısıyla ekstraktın antimikrobiyal kapasitesini direkt olarak etkilemesi bakımından bu faktörlerin en önemlisidir (Fatiha ve ark., 2012). Tıbbi ve aromatik bitkilerin ekstraksiyonunda farklı fenolik yapıları sahip polifenollerin eldesi için sıklıkla kullanılan çözücüler arasında etanol, metanol, aseton ve su bulunmaktadır (Sun ve Ho, 2005). Mevcut çalışmada, etanol, metanol, aseton ve su kullanılarak gerçekleştirilen zencefil, sarımsak ve nane ekstraktlarının etlik piliçlerden izole edilen *E. coli* suşları üzerine antimikrobiyal aktivitesi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

E. coli Suşları

Çalışmada kolibasillozis şüpheli etlik piliçlerin sekumundan izole edilen ve gram negatif, hidrojen sülfid, simmon sitrat, oksidaz ve üreaz testlerinde negatif, üçlü şeker (TSI agar; laktöz-glikozsükroz) ve indol testinde pozitif sonuçları alınarak doğrulanan altı farklı *E. coli* suşu kullanılmıştır. EC1 suşu linkomisin (2 µg/disk, L2), basitrasin (10 µg/disk, B10), amoksisilin (30 µg/disk, AMC30), siprofloksasin (5 µg/disk, CIP5), sülfametoksazol (25 µg/disk, SXT25) ve kolistin (10 µg/disk, CT10) antibiyotiklerine dirençli, EC2 suşu L2, B10, AMC30, CIP5 ve SXT25 antibiyotiklerine dirençli, EC3 suşu L2, B10 ve AMC30 antibiyotiklerine dirençli, EC4 suşu L2, B10, AMC30, CIP5 ve SXT25 antibiyotiklerine dirençli, EC5 suşu L2, B10, AMC30, CIP5 ve SXT25 antibiyotiklerine dirençli, EC6 suşu ise L2, B10 ve CIP5 antibiyotiklerine dirençlidir (Güngör, 2023).

Bitki Ekstraktlarının Hazırlanması

Çalışmada kullanılan zencefil (*Zingiber officinale*), sarımsak (*Allium sativum* L.) ve nane (*Mentha piperita* L.) Samsun'da bulunan bir aktardan kuru şekilde temin edilmiştir. Bitki ekstraktları, dört farklı çözücü (etanol, metanol, aseton ve su) kullanılarak Yeo ve ark. (2014)'nin bildirdiği yöntemde bazı değişiklikler yapılarak hazırlanmıştır. Buna göre, zencefil, nane veya sarımsak öğütüldükten sonra 2 gram alınarak erlenmayer içerisinde 20 ml etanol (%99,5), metanol (%99,8), aseton (%99,5) veya saf su ile karıştırılmıştır. Karışım, oda sıcaklığında 150 rpm'de 12 saat çalkalamaya bırakılmıştır. Ekstraksiyon tamamlandıktan sonra 1000 g'de 10 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Süzünü filtre kağıdı ile süzülükten sonra rotary evaporator yardımıyla tamamen kuru olana kadar buharlaştırılmıştır (etanol, metanol ve aseton ekstraktları 40°C'de, sulu ekstrakt 60°C'de). Kuruyan ekstrakt 1 ml etanol, metanol, aseton veya su ile çözdürülmüştür.

Ekstraksiyon Verimi

Ekstraksiyon verimi Gonelimali ve ark. (2018)'nin bildirdiği eşitlik ile hesaplanmıştır. Buna göre;

$$\text{Ekstraksiyon verimi (\%)}: (X1 \times 100 / X0)$$

X1: Buharlaştırma sonrası ekstraksiyonun ağırlığı

X0: Bitkinin ekstraksiyon öncesindeki kuru ağırlığı

Disk Difüzyon Yöntemi

Antimikrobiyal aktivite, Bakht ve ark. (2011) tarafından açıklanan disk difüzyon yöntemine göre belirlenmiştir. *E. coli* suşları 37°C'de 24 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra 0,5 McFarland olacak şekilde ayarlanmıştır. Bakteri kültürleri, steril eküvyon çubuk kullanılarak Muller Hinton Agar (MHA) bulunan petri kaplarına yayılmıştır. Filtre kağıtları (Whatmann No. 1) yuvarlak şekilde (6 mm çapında) kesilerek diskler hazırlanmıştır. Nane, zencefil veya sarımsak ekstraktlarından 15 µl alınarak hazırlanan disklerde emdirilmiş ve petrilere dökülmüş ve kurutulmuş besiyerinin üzerine yerleştirilmiştir. Petri kapları 37°C'de 22 saat inkübasyona bırakılmış ve akabinde inhibisyon zonlarının çapları belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

Deneme 3 tekerrür olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Normal dağılım ve varyansları eşit olan verilerde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılırken normal dağılım ve varyansların eşitliği ilkelerini karşılamayan verilerde Kruskal Wallis ve ikili karşılaştırmalarda Man Whitney U testleri kullanılmıştır. Karşılaştırmalarda $P < 0.05$ değeri istatistiksel olarak önemli kabul edilmiştir.

Bulgular**Ekstraksiyon Verimi**

Etanol, metanol, aseton ve su ile ekstrakte edilen nane, zencefil ve sarımsağın ekstraksiyon verimleri Çizelge 1’de verilmiştir. Çözücüler karşılaştırıldığında, nane ekstraksiyonunda metanol ve su çözücülerinin ekstraksiyon verimi aseton ve etanol çözücülerinkinden daha yüksek olmuştur ($P < 0,001$). Sarımsak ekstraksiyonunda ise en yüksek ekstraksiyon verimi su ile elde edilirken, bunu metanol takip etmiş, etanol ve asetonun ekstraksiyon verimi aynı düzeyde düşük olmuştur ($P < 0,001$). Benzer şekilde, zencefil ekstraksiyonunda su ile tespit edilen ekstraksiyon verimi diğer çözücülerden daha yüksek bulunmuştur ($P = 0,013$).

Tıbbi ve aromatik bitkiler karşılaştırıldığında, etanol kullanılan ekstraksiyonda en yüksek verim nane yaprağından elde edilirken bunu sırasıyla zencefil ve sarımsak takip etmiştir ($P < 0,001$). Benzer şekilde, metanol ekstraksiyonunda nane yaprağının ekstraksiyon verimi en yüksek olurken, bunu sırasıyla zencefil ve sarımsak takip etmiştir ($P = 0,002$). Nane ve zencefilin aseton ekstraktında ekstraksiyon verimi birbiriyle benzer, ancak sarımsak

ekstraksiyonundan daha yüksek olmuştur ($P = 0,040$). Diğer çözücülerden farklı olarak su ekstraksiyonunda sarımsağın ekstraksiyon verimi diğer tıbbi ve aromatik bitkilerden daha yüksek olmuştur ($P < 0,001$).

Antimikrobiyal Etki Zencefil

Farklı çözücülerle ekstrakte edilen zencefilin disk difüzyon çapları Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre, Zencefil etanol veya metanol ekstraktlarının *E. coli* EC2 ve EC4 suşlarına karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir (sırasıyla $P = 0,020$ ve $P = 0,026$). Zencefil etanol ekstraktının EC4 suşuna karşı antimikrobiyal aktivitesi aseton ekstraktından daha yüksek ($P = 0,026$), metanol ile benzer bulunmuştur ($P = 0,116$).

Sarımsak

Farklı çözücülerle ekstrakte edilen sarımsağın disk difüzyon çapları Çizelge 3’te verilmiştir. Buna göre, sulu ekstraktların hiçbir *E. coli* suşuna antimikrobiyal etki göstermediği, aseton ekstraktının oluşturduğu zonların da sulu ekstraktlardan farklı olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın, sarımsak etanol ekstraktının EC3 suşuna karşı diğer ekstraktlardan daha yüksek ($P = 0,012$), EC1 suşuna karşı aseton ekstraktıyla benzer ($P = 0,099$) fakat diğer ekstraktlardan daha yüksek ($P = 0,037$), EC4, EC5 ve EC6 suşlarına karşı metanol ekstraktıyla benzer ($P = 0,068$, $P = 0,376$, $P = 0,099$) fakat diğer ekstraktlardan daha yüksek (sırasıyla $P = 0,031$, $P = 0,046$, $P = 0,037$) antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, sarımsak ekstraktlarının EC2 suşuna karşı antimikrobiyal etki göstermediği belirlenmiştir ($P = 0,081$).

Çizelge 1. Farklı solventlerde ekstrakte edilen zencefil, sarımsak ve nane yaprağının ekstraksiyon verimi (%)

Table 1. Extraction yield (%) of ginger, garlic and mint leaves extracted using different solvents

Çözücüler	Zencefil	Sarımsak	Nane
Etanol	4,92 ^b ± 0,60 ^B	1,13 ^c ± 1,09 ^C	7,48 ^b ± 0,43 ^A
Metanol	5,93 ^b ± 2,93 ^C	10,60 ^b ± 0,91 ^B	15,55 ^a ± 0,79 ^A
Aseton	7,55 ^b ± 2,86 ^A	2,25 ^c ± 1,21 ^B	6,47 ^b ± 1,61 ^A
Su	12,28 ^a ± 1,13 ^B	30,45 ^a ± 2,64 ^A	15,15 ^a ± 2,50 ^B
P değeri	0,013	<0,001	<0,001

^{abc}Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$). ^{ABC}Aynı satırda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Çizelge 2. Farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan zencefil ekstraktlarının *E. coli* suşları üzerine inhibisyon zon çapları (mm)Table 2. Diameter of zones of inhibition (mm) of ginger extracts prepared using different solvent against *E. coli* strains

Çözücüler	<i>E. coli</i> suşları					
	Z10 (EC1)	Z9 (EC2)	Z11 (EC3)	Z13 (EC4)	Z2 (EC5)	Z3 (EC6)
Etanol	8,83 ± 1,61	7,83 ^a ± 1,44	8,17 ± 1,61	8,83 ^a ± 1,15	7,50 ± 0,50	7,50 ± 0,87
Metanol	6,67 ± 0,58	7,33 ^a ± 0,58	7,50 ± 0,50	7,50 ^{ab} ± 0,87	7,83 ± 1,44	7,00 ± 0,00
Aseton	6,50 ± 0,87	6,00 ^b ± 0,00	7,00 ± 1,73	6,33 ^b ± 0,58	7,67 ± 1,15	7,00 ± 1,73
Su	6,00 ± 0,00	6,00 ^b ± 0,00	6,00 ± 0,00	6,00 ^b ± 0,00	6,00 ± 0,00	6,00 ± 0,00
P değeri	0,089	0,020	0,131	0,026	0,077	0,131

^{ab}Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Çizelge 3. Farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan sarımsak ekstraktlarının *E. coli* suşları üzerine inhibisyon zon çapları (mm)Table 3. Diameter of zones of inhibition (mm) of garlic extracts prepared using different solvent against *E. coli* strains

Çözücüler	<i>E. coli</i> suşları					
	Z10 (EC1)	Z9 (EC2)	Z11 (EC3)	Z13 (EC4)	Z2 (EC5)	Z3 (EC6)
Etanol	7,17 ^a ± 0,29	7,67 ± 0,29	7,00 ^a ± 0,00	7,33 ^a ± 0,29	7,83 ^a ± 1,04	7,17 ^a ± 0,29
Metanol	6,00 ^b ± 0,00	7,17 ± 1,26	6,00 ^b ± 0,00	6,33 ^{ab} ± 0,58	7,17 ^{ab} ± 1,26	6,33 ^{ab} ± 0,58
Aseton	6,33 ^{ab} ± 0,58	6,33 ± 0,58	6,00 ^b ± 0,00	6,00 ^b ± 0,00	6,00 ^b ± 0,00	6,00 ^b ± 0,00
Su	6,00 ^b ± 0,00	6,00 ± 0,00	6,00 ^b ± 0,00	6,00 ^b ± 0,00	6,00 ^b ± 0,00	6,00 ^b ± 0,00
P değeri	0,037	0,081	0,012	0,031	0,046	0,037

^{ab}Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Nane

Farklı çözücülerle hazırlanan nane ekstraktları disk difüzyon yönteminde çalışılan *E. coli* suşlarının hiçbirine karşı zon oluşturmamıştır. Dolayısıyla hazırlanan nane ekstraktlarının uygulanan disk difüzyon yöntemiyle, çalışmaya konu olan *E. coli* suşlarına karşı antimikrobiyal etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Tartışma

Ekstraksiyon Verimi

Zencefil ekstraksiyonunda sıcak su ile elde edilen verimin, çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, metanol ile elde edilen verimden daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Bashir ve ark., 2015). Zencefilin metanol ekstraksiyon veriminin aseton ekstraksiyon veriminden daha yüksek elde edildiği bildirilmiştir (Ghasemzadeh ve ark., 2011). Buna karşın, mevcut çalışmada metanol ve aseton ekstraksiyon verimlerinde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, zencefilin içindeki önemli aktif bileşikler olan 6, 8, 10-gingerol ve 6-şogaol eldesinde etanol ve metanolün benzer verim sağladığı bildirilmiştir (Hu ve ark., 2011).

Sarımsak ekstraksiyonunda su, saf metanol ve saf etanol çözücülerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ekstraksiyon verimleri su ile %26,5, saf metanol ile %7, saf etanol ile %4 olarak tespit edilmiştir (Kalle ve ark., 2014). Benzer şekilde, mevcut çalışmada sulu ekstraksiyon en yüksek verimi elde ederken (%30,45), onu metanol (%10,6) ve etanol (%1,13) izlemiştir. Su ile gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda en yüksek verimin elde edilmesi, çözücü polaritesinin yüksek olmasıyla ilişkili olabilir (Kim ve Lee, 2002). Nitekim, Butsat ve Siriamornpun (2016), çözücülerdeki polarite farklılıklarının bitkilerde bulunan biyoaktif bileşenlerin çözünürlüklerini etkilediğini bildirmiştir. Benzer şekilde, sarımsağın su ile ekstraksiyonunun etanol ve aseton ile ekstraksiyonundan daha yüksek ekstraksiyon verimi sağladığı bildirilmiştir (Cavalcanti ve ark., 2021).

Githaiga ve ark. (2018) saf su kullanılarak hazırlanan nane ekstraktının ekstraksiyon veriminin %1-3 arasında olduğunu bildirmiştir. Buna karşın, mevcut çalışmada nanenin sulu ekstraksiyonunda verim %15 olarak bulunmuştur. Bu farklılık, ekstraksiyonda kullanılan yöntemin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Söz konusu çalışmada nane ekstraktlarının hazırlanmasında buhar destilasyonu yöntemi kullanılmışken mevcut çalışmada nane ekstraktları çözücü ekstraksiyonu yöntemiyle hazırlanmıştır. El-Tawab ve ark. (2018) ise %80 metanol kullanarak gerçekleştirilen nane ekstraksiyonu verimi %12,6 olarak bildirmiştir. Benzer şekilde, mevcut çalışmada nane yaprağının metanol ekstraksiyonunda verim %15 olarak bulunmuştur.

Antimikrobiyal Etki

Zencefil

Zencefil sulu ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkisi olduğu bildirilmiştir (Amrita ve ark., 2009). Buna karşın mevcut çalışmada zencefil sulu ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivite göstermemiştir. Benzer şekilde, Masoumian ve Zandi (2017), zencefilin sulu ekstraktlarının çoklu antibiyotik dirençli *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkisi olmadığı,

buna karşın, alkol-su karışımı (%50-%50) ile hazırlanan ekstraktların *E. coli* üzerine antibakteriyal aktivite gösterdiği (agar difüzyon, 13 mm) bildirmiştir. Ekstraksiyonda kullanılan çözücülerin polariteleri ve kimyasal yapıları birbirinden farklı olduğu için bitkilerde farklı yapıda bulunan polifenoller farklı çeşit ve miktarlarda çözebilmektedir. Dolayısıyla farklı çözücülerden elde edilen ekstraktlar arasında toplam fenolik ve flavonoid miktarı ile antimikrobiyal etki bakımından farklılıklar tespit edilebilmektedir (Fatiha ve ark., 2012). Mevcut çalışmada farklı çözücü kullanılarak hazırlanan ekstraktlarının *E. coli* suşları üzerine farklı antimikrobiyal aktivite göstermeleri ekstraktlardaki biyokimyasal bileşiklerin çeşit ve miktarının birbirlerinden farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Sarımsak

Sarımsak etanol (%70) ekstraktının *E. coli* üzerinde antimikrobiyal etkiye (agar well difüzyonu, 14,5 mm) sahip olduğu bildirilmiştir (Palaksha ve ark., 2010). Benzer şekilde, mevcut çalışmada sarımsak etanol ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivitelerinin diğer çözücülerden daha yüksek olmuştur. Çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olarak, sarımsak ekstraktının etlik piliçlerden izole edilen *E. coli* suşu üzerine antimikrobiyal etkide bulunduğu (agar well difüzyon, 3,1 mm) bildirilmiştir (Ziarlarimi ve ark., 2011). Buna karşın, Mukhtar ve Ghorri (2012), sulu sarımsak ekstraktının *E. coli* üzerine antibakteriyel aktivitesinin (disk difüzyon, 22 mm), %95 etanol ile hazırlanan ekstraktan (18 mm) daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Abubakar (2009) sulu sarımsak ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal etki bakımından etanol (%95) ekstraktlarına göre daha etkili olduğunu bildirmiştir. Mevcut çalışmada, tıbbi ve aromatik bitkilerin ekstraktları hazırlanırken etanol, metanol ve aseton ekstraktları 40°C'de kurutulmuş, sulu ekstraktların kurutulmasına ise 40°C ile başlanırken buharlaşmanın sağlanabilmesi için sıcaklık kademeli olarak 60°C'ye kadar çıkarılmıştır. Lee ve ark. (2011) sarımsak ekstraktlarına ısıl işlem uygulanmasının *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkisini düşürdüğü bildirilmiştir. Mevcut çalışmada sulu ekstraktlarda *E. coli* suşları üzerine antimikrobiyal etki tespit edilmemesi, buharlaştırma aşamasında uygulanan sıcaklığın (60 °C) ekstrakt içerisindeki fenolik bileşenlere zarar vermesinden kaynaklanmış olabilir.

Nane

Nanenin (*Mentha spicata* L.) buhar destilasyonu ile hazırlanan sulu ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivitesi olduğu ve 13-15 mm arasında inhibisyon zonu oluşturduğu bildirilmiştir (Githaiga ve ark., 2018). Benzer şekilde, %70 etanol nane (*Mentha piperita* L.) (Hammadi ve Adnan, 2021) ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemiyle hazırlanmış %80 metanol nane (*Mentha spicata* L.) (El-Tawab ve ark., 2018) ekstraktlarının *E. coli* üzerine antibakteriyel etki gösterdiğini bildirmiştir. Buna ilaveten, nanenin (*Mentha piperita* L.) etanol ekstraksiyonlarının antimikrobiyal aktivitelerinin buhar ekstraksiyonlarından daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Siddeeg ve ark., 2018). Buna karşın, mevcut çalışmada nane ekstraktlarının *E. coli* suşları üzerine antibakteriyel aktivitesinin olmadığı belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, Ziarlarimi ve ark. (2011), sarımsak ekstraktının *E. coli*'ye karşı

antimikrobiyal etkiye bulunurken nane (*Mentha* spp.) ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivite göstermediğini bildirmiştir. Çalışma sonuçlarının farklı olması, çalışmalarda kullanılan nanenin çeşidi, ekstraksiyon yöntemi ve *E. coli* suşlarının birbirinden farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Sonuç

Araştırma sonuçları, tıbbi ve aromatik bitkilerden olan zencefil ve sarımsak ekstraktlarının etlik piliçlerden izole edilen *E. coli* suşlarına karşı antimikrobiyal ajan olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Sarımsak etanol ekstraktlarının *E. coli* EC1, EC3, EC4, EC5 veya EC6 suşlarına karşı, zencefil etanol veya metanol ekstraktlarının ise *E. coli* EC2 veya EC4 suşlarına karşı kullanılabilirliğini göstermiştir. Buna ek olarak, mevcut çalışmaya konu olan ekstraktların söz konusu *E. coli* suşları üzerindeki minimum inhibisyon konsantrasyonlarının araştırıldığı çalışmalara ve daha yüksek antimikrobiyal etkinin oluşturulması amacıyla mevcut ekstraktların karışımlarının kullanıldığı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

Abubakar E.-m. M. (2009). Efficacy of crude extracts of garlic (*Allium sativum* Linn.) against nosocomial *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(4), 179-85.

Amrita V., Sonal D., Shalini R. (2009). Antibacterial effect of herbs and spices extract on *Escherichia coli*. *Electronic Journal of Biology*, 5(2), 40-4.

Azam M., Mohsin M., Saleemi M. K. (2019). Virulence-associated genes and antimicrobial resistance among avian pathogenic *Escherichia coli* from colibacillosis affected broilers in Pakistan. *Tropical Animal Health and Production*, 51(5), 1259-65. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01823-3>.

Bakht J., Ali H., Khan M. A., Khan A., Saeed M., Shafi M., Islam A., Tayyab M. (2011). Antimicrobial activities of different solvents extracted samples of *Linum usitatissimum* by disc diffusion method. *African Journal of Biotechnology*, 10(85), 19825-35. <https://doi.org/10.5897/AJB11.229>.

Bashir S. F., Gurumayum S., Kaur S. (2015). *In vitro* antimicrobial activity and preliminary phytochemical screening of methanol, chloroform, and hot water extracts of ginger (*Zingiber officinale*). *In vitro*, 8(1), 176-80.

Beristain-Bauza S. D. C., Hernández-Carranza P., Cid-Pérez T. S., Ávila-Sosa R., Ruiz-López I. I., Ochoa-Velasco C. E. (2019). Antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) and its application in food products. *Food Reviews International*, 35(5), 407-26. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1573829>.

Butsat S., Siriamornpun S. (2016). Effect of solvent types and extraction times on phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity in leaf extracts of *Amomum chinense* C. *International Food Research Journal*, 23(1), 180-7.

Cavalcanti V. P., Aazza S., Bertolucci S. K. V., Rocha J. P. M., Coelho A. D., Oliveira A. J. M., Mendes L. C., Pereira M. M. A., Morais L. C., Forim M. R. (2021). Solvent mixture optimization in the extraction of bioactive compounds and antioxidant activities from garlic (*Allium sativum* L.). *Molecules*, 26(19), 6026. <https://doi.org/10.3390/molecules26196026>.

El-Tawab A., Ammar A., Hamouda A., S El-Deen S. (2018). Interaction of some plant extracts with some antibiotics against *E. coli* from chickens. *Benha Veterinary Medical Journal*, 35(2), 107-19. <https://doi.org/10.21608/bvmj.2018.95989>.

Fatiha B., Khodir M., Farid D., Tiziri R., Karima B., Sonia O., Mohamed C. (2012). Research article optimisation of solvent extraction of antioxidants (phenolic compounds) from Algerian mint (*Mentha spicata* L.). *Pharmacogn Commun*, 2(4), 78.

Ghasemzadeh A., Jaafar H. Z., Rahmat A. (2011). Effects of solvent type on phenolics and flavonoids content and antioxidant activities in two varieties of young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(7), 1147-54.

Githaiga B. M., Gathuru E. M., Waithaka P. N., Kiarie L. W. (2018). Determination of antibacterial activity of essential oils from mint (*Mentha spicata*) leaves on selected pathogenic bacteria. *Journal of Drugs and Pharmaceutical Science*, 2(2), 8-14. <https://doi.org/10.31248/JDPS2018.015>.

Gonelimali F. D., Lin J., Miao W., Xuan J., Charles F., Chen M., Hatab S. R. (2018). Antimicrobial properties and mechanism of action of some plant extracts against food pathogens and spoilage microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1639. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01639>.

Güngör B. Antibiyotige dirençli *Escherichia coli* suşlarına spesifik litik bakteriyofaj izolasyonu ve litik spektrumlarının belirlenmesi. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü; 2023.

Halfaoui Z., Menoueri N. M., Bendali L. M. (2017). Serogrouping and antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolated from broiler chicken with colibacillosis in center of Algeria. *Veterinary World*, 10(7), 830. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.830-835>.

Hammadi A. A., Adnan H. (2021). Determination antimicrobial activity from ethanolic extract of *Mentha piperita* L. (Peppermint). *Scientific Journal of Medical Research* 5(17), 1-6.

Hu J., Guo Z., Glasius M., Kristensen K., Xiao L., Xu X. (2011). Pressurized liquid extraction of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) with bioethanol: An efficient and sustainable approach. *Journal of Chromatography A*, 1218(34), 5765-73. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.06.088>.

Kallel F., Driss D., Chaari F., Belghith L., Bouaziz F., Ghorbel R., Chaabouni S. E. (2014). Garlic (*Allium sativum* L.) husk waste as a potential source of phenolic compounds: Influence of extracting solvents on its antimicrobial and antioxidant properties. *Industrial Crops and Products*, 62, 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.07.047>.

Kim D. O., Lee C. Y. (2002). Extraction and isolation of polyphenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 6(1), 11. 2.1-I. 2.12. <https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0102s06>.

Lee W.-W., Son S.-K., Lee G.-R., Kim G.-H., Kim Y.-H. (2011). Antimicrobial effects of garlic extract against pathogenic bacteria. *Korean Journal of Veterinary Service*, 34(2), 167-78. <https://doi.org/10.7853/kjvs.2011.34.2.167>.

Ložienė K., Venskutonis P. R., Šipailienė A., Labokas J. (2007). Radical scavenging and antibacterial properties of the extracts from different *Thymus pulegioides* L. chemotypes. *Food Chemistry*, 103(2), 546-59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.027>.

Masoumian M., Zandi M. (2017). Antimicrobial activity of some medicinal plant extracts against multidrug resistant bacteria. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, 19(11). <https://doi.org/10.5812/zjrms.10080>.

Mukhtar S., Ghori I. (2012). Antibacterial activity of aqueous and ethanolic extracts of garlic, cinnamon and turmeric against *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Bacillus subtilis* DSM 3256. *International Journal of applied biology and pharmaceutical Technology*, 3(2), 131-6.

Palaksha M., Ahmed M., Das S. (2010). Antibacterial activity of garlic extract on streptomycin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* solely and in synergism with streptomycin. *Journal of Natural Science, Biology, and Medicine*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.71666>.

- Shalayel M. H. F., Asaad A. M., Qureshi M. A., Elhoussein A. B. (2017). Anti-bacterial activity of peppermint (*Mentha piperita*) extracts against some emerging multi-drug resistant human bacterial pathogens. *Journal of Herbal Medicine*, 7, 27-30. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2016.08.003>.
- Shang A., Cao S.-Y., Xu X.-Y., Gan R.-Y., Tang G.-Y., Corke H., Mavumengwana V., Li H.-B. (2019). Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*, 8(7), 246. <https://doi.org/10.3390/foods8070246>.
- Siddeeg A., Salih Z. A., Mukhtar R. M., Ali A. O. (2018). Extraction and characterization of peppermint (*Mentha piperita*) essential oil and its assessment as antioxidant and antibacterial. *Gezira Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(1), 1-14.
- Solà-Ginés M., Cameron-veas K., Badiola I., Dolz R., Majó N., Dahbi G., Viso S., Mora A., Blanco J., Piedra-Carrasco N. (2015). Diversity of multi-drug resistant avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC) causing outbreaks of colibacillosis in broilers during 2012 in Spain. *PLoS One*, 10(11), e0143191. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143191>.
- Sun T., Ho C.-T. (2005). Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90(4), 743-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.035>.
- Wani S. A., Naik H., Wagay J. A., Ganie N. A., Mulla M. Z., Dar B. (2022). Mentha: A review on its bioactive compounds and potential health benefits. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 14(4), 154-68. <https://doi.org/10.15586/qas.v14i4.1129>.
- Yassin A. K., Gong J., Kelly P., Lu G., Guardabassi L., Wei L., Han X., Qiu H., Price S., Cheng D. (2017). Antimicrobial resistance in clinical *Escherichia coli* isolates from poultry and livestock, China. *PloS One*, 12(9), e0185326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185326>.
- Yeo Y. L., Chia Y. Y., Lee C. H., Sow H. S., Yap W. S. (2014). Effectiveness of maceration periods with different extraction solvents on *in-vitro* antimicrobial activity from Fruit of *Momordica charantia* L. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(10), 016-23. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2014.401004>.
- Ziarlarimi A., Irani M., Gharahveysi S., Rahmani Z. (2011). Investigation of antibacterial effects of garlic (*Allium sativum*), mint (*Menthe* spp.) and onion (*Allium cepa*) herbal extracts on *Escherichia coli* isolated from broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 10(50), 10320-2. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2513>



Biostimulant Applications in Medicinal and Aromatic Plants: Advantages, Challenges and Future Perspectives

Merve Göre^{1,a,*}

¹Ege Üniversitesi, Ödemiş Meslek Yüksekokulu, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı, 35750, İzmir-Türkiye.

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 27.09.2024 Accepted : 23.10.2024</p> <p>Keywords: Biostimulants Abiotic stress Agricultural sustainability Medicinal and aromatic plants Stress factors</p>	<p>This review investigates the role of biostimulants in enhancing the abiotic stress tolerance of medicinal and aromatic plants. Biostimulants play a crucial role in promoting plant growth and increasing resistance to environmental stress conditions. The negative effects of abiotic stress types such as drought, salinity, temperature, and heavy metal stress on plants can be mitigated using these products. This review addresses various types of biostimulants, their effects on plant metabolism, and the outcomes of these applications on plant quality. The use of biostimulants in agriculture offers advantages such as the conservation of natural resources, improvement of soil health, and optimization of water usage. However, challenges such as the lack of standardization, insufficient knowledge and awareness, and regulatory processes limit the widespread use of these products. The review emphasizes the need for further research to enhance the effectiveness of biostimulants and develop new application strategies in the future. In conclusion, biostimulants are important tools with the potential to increase the productivity of medicinal and aromatic plants and should be considered as part of sustainable agricultural practices.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1944-1952, 2024

Tıbbi ve Aromatik Bitkilerde Biyostimülant Uygulamaları: Avantajlar, Zorluklar ve Gelecek Perspektifleri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makalesi</i></p> <p>Geliş : 27.09.2024 Kabul : 23.10.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Biyostimülantlar Abiyotik stres Tarımsal sürdürülebilirlik Tıbbi ve aromatik bitkiler Stres faktörleri</p>	<p>Bu derleme, tıbbi ve aromatik bitkilerin abiyotik stres toleransını artırmada biyostimülantların rolünü araştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Biyostimülantlar, bitki büyümesini teşvik eden ve çevresel stres koşullarına karşı dayanıklılığı artırmada önemli rol oynamaktadır. Kuraklık, tuzluluk, sıcaklık ve ağır metal stresi gibi abiyotik stres türlerinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri, bu ürünlerin kullanımı ile azaltılabilmektedir. Bu derlemede, biyostimülantların çeşitli türlerini, bu ürünlerin bitki metabolizması üzerindeki etkilerini ve bu uygulamaların bitki kalitesi üzerindeki sonuçları ele alınmıştır. Biyostimülantların tarımda kullanımı, doğal kaynakların korunması, toprak sağlığının iyileştirilmesi ve su kullanımının optimize edilmesi gibi avantajlar sunmaktadır. Ancak, standartlaşma eksikliği, yetersiz bilgi ve farkındalık, regülasyon süreçleri gibi bazı zorluklar, bu ürünlerin yaygın kullanımını sınırlamaktadır. Gelecekte, biyostimülantların etkinliğini artırmak için daha fazla araştırma yapılması ve yeni uygulama stratejilerinin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, biyostimülantlar, tıbbi ve aromatik bitkilerin verimliliğini artırma potansiyeline sahip önemli araçlardır ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının bir parçası olarak dikkate alınmalıdır.</p>

^a merve.gore@ege.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-9350-5910>



Giriş

Tıbbi ve aromatik bitkiler, yüzyıllardır ilaç, kozmetik, gıda ve tarım gibi birçok alanda önemli roller üstlenmiş, insan sağlığına faydalı uçucu yağlar ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif maddeler üretmektedir (Rahman ve ark., 2023). Ancak, modern tarımda karşılaşılan çevresel zorluklar ve iklim değişikliği bu bitkilerin üretimini olumsuz yönde etkilemektedir. İklim değişikliği, su kıtlığı, toprak tuzluluğu, aşırı sıcaklıklar ve ağır metal kirliliği gibi abiyotik stres faktörleri, bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini bozarak verim ve kalite kayıplarına yol açmaktadır (Mahajan ve ark., 2020). Bu nedenle, tıbbi ve aromatik bitkilerin üretiminde sürdürülebilir çözümler bulmak bir gereklilik haline gelmiştir.

Son yıllarda tarımsal sürdürülebilirliği artırmak ve verim kayıplarını azaltmak amacıyla biyostimülanların kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Biyostimülanlar, bitkilerdeki büyüme ve gelişim süreçlerini optimize eden, stres toleransını artıran ve ürün kalitesini iyileştiren doğal ya da sentetik maddeler olarak tanımlanmaktadır (Bulgari ve ark., 2017). Organik tarımın yükselişiyle birlikte, biyostimülanlar da kimyasal gübre ve pestisitlerin yerine veya onların kullanımını azaltmak amacıyla tercih edilmektedir. Bu bileşikler, tarımda pestisit veya gübre olarak kullanılmamakla birlikte, bitkilerin su ve besin kullanımını artırarak çevresel streslere karşı daha dayanıklı hale gelmelerine yardımcı olmaktadır. Özellikle çevresel streslerin yoğun olduğu alanlarda biyostimülanlar, fotosentez gibi metabolik süreçleri hızlandırmakta ve antioksidan savunma sistemlerini güçlendirerek tarımsal verimliliği ve ürün kalitesini artırmakta önemli bir rol oynamaktadır (Van Oosten ve ark., 2017; Franzoni ve ark., 2022). Bu özellikler, biyostimülanların, özellikle abiyotik stres altındaki bitkilerde kullanılmasını cazip hale getirmektedir.

Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerde biyostimülan kullanımı, hem bu bitkilerin verim ve kalitesini artırmak hem de stres koşullarına dayanıklılığını güçlendirmek açısından büyük potansiyele sahiptir. Biyostimülanların tarımsal üretimde kullanımı, sadece ürün miktarını değil, aynı zamanda bitkilerin içerdikleri biyoaktif bileşiklerin miktarını ve kalitesini de artırabilmektedir (Zehra ve ark., 2019). Bu derlemede, biyostimülanların abiyotik streslerin altındaki tıbbi ve aromatik bitkilerdeki etkileri ele alınacak, bu alanda yapılan çalışmalar incelenecek ve biyostimülanların tarımda sürdürülebilirlik açısından sağladığı katkılar tartışılacaktır.

Biyostimülanlar: Tanımı, Kategorileri ve Etkileri

Biyostimülanlar, bitkilerin büyüme ve gelişmesini teşvik eden, abiyotik stres koşullarına karşı dirençlerini artıran doğal ya da sentetik maddelerdir. Bu maddeler, bitkilerin besin alımını ve su kullanımını optimize ederek, hücresel süreçlerini düzenler ve biyokimyasal reaksiyonları hızlandırır (Yakhin ve ark., 2017). Geleneksel gübrelerden farklı olarak biyostimülanlar, doğrudan bitkilerin metabolizmasını hedef alarak stres yanıtlarını iyileştirir ve genel bitki sağlığını destekler. Biyostimülanlar çeşitli kategorilere ayrılabilir; bunlar

arasında humik ve fulvik asitler, amino asitler, alg ekstraktları ve mikroorganizmalar yer alır.

Humik ve Fulvik Asitler

Humik ve fulvik asitler, organik maddenin bozulması sonucu toprakta oluşan doğal bileşiklerdir. Toprağın su tutma kapasitesini artırarak, bitkilerin su ve besin alımını iyileştirirler. Humik asitler, bitkilerin kök gelişimini teşvik ederken, fulvik asitler besin elementlerinin taşınmasını ve hücre içine alınmasını kolaylaştırır (Nardi ve ark., 2021). Tıbbi ve aromatik bitkilerde humik ve fulvik asitlerin kullanımı, uçucu yağ üretimini artırabilir ve bitkilerin stres koşullarında daha dirençli olmasını sağlayabilir (Saber ve ark., 2019; Khosravi ve ark., 2023). Özellikle kuraklık ve tuzluluk stresine karşı bu bileşikler, bitkilerin kök yapısını ve toprak-bitki etkileşimini güçlendirir.

Amino Asitler ve Protein Hidrolizatları

Amino asitler ve protein hidrolizatları, bitkiler için yapı taşları olarak işlev görür. Abiyotik stresler altında bitkiler, özellikle protein sentezi ve enzim aktiviteleri açısından enerji kaybına uğrayabilir. Amino asit biyostimülanları, bitkilerin strese daha iyi dayanmasını sağlamak için hücre içi metabolik süreçleri hızlandırır. Prolin gibi belirli amino asitler, osmotik dengeyi koruyarak bitkilerin su kaybını önler ve hücre zarlarının bütünlüğünü korur (Colla ve ark., 2015a). Bu biyostimülanlar, tıbbi ve aromatik bitkilerde sekonder metabolit üretimini (örneğin fenolik bileşikler ve uçucu yağlar) destekleyerek bitki kalitesini artırabilir (Abd-El-kader ve ark., 2022).

Alg Ekstraktları

Alg ekstraktları, deniz yosunlarından elde edilen biyostimülanlardır ve yüksek oranda mineraller, vitaminler, hormonlar (özellikle sitokinler ve gibberellinler) içerir. Bu ekstraktlar, bitkilerde kök gelişimini ve yaprak büyümesini teşvik eder. Ayrıca, alg ekstraktları, bitkilerin fotosentez kapasitesini artırarak metabolik faaliyetlerin hızlanmasına katkıda bulunur (Battacharyya ve ark., 2015). Tıbbi ve aromatik bitkilerde alg ekstraktlarının kullanımı, uçucu yağ üretimi ve bitkisel verim üzerinde olumlu etkiler yapabilir. Özellikle stres koşullarında bitkinin enerji kullanımını optimize ederek dayanıklılığını artırabilirler.

Mikroorganizmalar (Mikoriza ve Rizobakteriler)

Mikroorganizmalar, özellikle mikoriza mantarları ve rizobakteriler, bitki köklerinde simbiyotik bir ilişki kurarak biyostimülan etkisi gösterir. Mikoriza mantarları, bitkilerin topraktan su ve besin alımını artırırken, rizobakteriler kök büyümesini teşvik eder ve bitkilerin streslere karşı dirençlerini artırır. Bu mikroorganizmalar, bitkilerin topraktaki fosfor ve azot gibi hayati besin maddelerini daha etkin bir şekilde kullanmasını sağlar (Colla ve ark., 2015b). Tıbbi ve aromatik bitkilerde mikoriza ve rizobakterilerin kullanımı, özellikle bitkilerin uçucu yağ içeriğini ve biyokimyasal kompozisyonunu iyileştirerek daha yüksek kaliteli ürün elde edilmesini sağlar (Goudarzian ve ark., 2020).

Diğer Biyostimülantlar (Silikatlar, Deniz Yosunu)

Silikatlar, bitkilerin hücre duvarlarını güçlendirerek abiyotik streslere karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlayan önemli biyostimülantlardır. Silikatlar, özellikle tuzluluk ve kuraklık gibi streslere karşı bitkilerin su yönetimini ve iyon dengesini düzenler. Ayrıca, silikatların bitkilerde oksidatif stresi azaltma kapasitesi vardır. Deniz yosunu bazlı biyostimülantlar ise yüksek besin ve hormon içeriği ile bitkilerin genel sağlığını destekler (Azad ve ark., 2021; Savvas ve Ntatsi, 2015). Tıbbi ve aromatik bitkilerde deniz yosunu ve silikatların kullanımını hem bitkilerin stres toleransını artırır hem de uçucu yağların kalitesini iyileştirir (Bat ve ark., 2019).

Biyostimülantların Kullanımının Ekonomik ve Çevresel Avantajları

Biyostimülantlar, tarım uygulamalarında yalnızca bitki gelişimini iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda ekonomik ve çevresel açıdan da önemli avantajlar sunmaktadır.

Tarımsal Sürdürülebilirlik ve Biyostimülantlar

Biyostimülantlar, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak tarımsal üretimde doğal kaynakların korunmasına katkı sağlar. Bu, toprak sağlığını ve biyolojik çeşitliliği artırır. Organik kaynaklı biyostimülantlar, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirerek verimliliği artırır (Santini ve ark., 2021). Bu durum, tarımsal sürdürülebilirliğe büyük katkı sağlar. Aynı zamanda, bitkilerin su alımını artırarak kuraklık dönemlerinde su kullanımını optimize eder. Bu da tarımsal üretimin daha az su tüketimi ile gerçekleştirilmesine olanak tanır.

Biyostimülantların Ekonomik Getirisi

Biyostimülant kullanımı, bitkilerin verim ve kalitesini artırarak çiftçilere daha yüksek gelir sağlar (Kapoore ve ark., 2021). Kimyasal gübre ve pestisit ihtiyacını azaltarak çiftçilerin girdi maliyetlerini düşürür. Bu durum, sürdürülebilir tarım uygulamalarında ekonomik avantajlar sunar. Kaliteli ürünler, pazarda daha yüksek fiyatlarla satılma olanağı sunar. Biyostimülantlarla elde edilen ürünler, organik ve doğal ürünler kategorisinde yer alarak daha geniş bir müşteri kitlesine ulaşma potansiyeli taşır. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerde elde edilen yüksek kalite, piyasa değerini yükseltmektedir.

Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkiler

Biyostimülant kullanımı, doğal ekosistemleri koruyarak biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliğine katkı sağlar. Kimyasal girdilerin azalması, toprak ve su kaynaklarının sağlığını korur. Kimyasal gübre ve pestisit kullanımının azalması, su ve toprak kirliliğini azaltır. Bu durum, ekosistemlerin sağlığını ve doğal dengenin korunmasını destekler. Ayrıca, biyostimülantların kullanımını, tarımsal üretimde karbon salınımını azaltarak iklim değişikliği ile mücadelede olumlu bir rol oynar. Daha sürdürülebilir tarım uygulamaları, çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunur (Bashir ve ark., 2021).

Abiyotik Stres Türleri ve Tıbbi-Aromatik Bitkilerin Adaptasyonu

Abiyotik stresler, çevresel faktörlerden kaynaklanan ve bitkilerin büyüme, gelişme ve üretim süreçlerini olumsuz yönde etkileyen streslerdir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin abiyotik streslere tepkileri, bu bitkilerin sahip olduğu biyokimyasal ve fizyolojik özellikler nedeniyle diğer kültür bitkilerine göre farklılık gösterebilir (Rahman ve ark., 2023). Bu bitkilerin içerdiği uçucu yağlar, fenolik bileşikler, flavonoidler ve diğer biyoaktif maddeler, abiyotik stres faktörleri altında önemli değişikliklere uğrar. Bu değişimler, hem bitkinin stresle başa çıkma kapasitesini hem de bitkiden elde edilen ürünün kalitesini etkiler (Ramakrishna ve ark., 2011).

Kuraklık Stresi

Kuraklık stresi, suyun yetersiz olduğu koşullarda bitkilerin büyüme ve gelişmesinin olumsuz etkilenmesine neden olan bir stres faktörüdür. Su eksikliği, bitkilerin su ve besin alımını azaltarak fotosentez hızını düşürür, stomaların kapanmasına ve transpirasyon oranlarının azalmasına neden olur (Yang ve ark., 2021). Bu da bitkide enerji üretimini sınırlayarak büyüme ve verim kayıplarına yol açar. Tıbbi ve aromatik bitkilerde kuraklık stresi, özellikle uçucu yağ içeriklerinde azalmaya neden olabilir (Nia ve ark., 2016; Cheng ve ark., 2017; Bistgani ve ark., 2024). Bitkilerin kuraklık stresine dayanıklılığını artırmak için biyostimülantlar, su tutma kapasitesini artırarak ve antioksidan enzim aktivitelerini düzenleyerek faydalı olabilir.

Tuzluluk Stresi

Toprakta biriken fazla tuz, bitkilerde osmotik baskı yaratarak su ve besin alımını zorlaştırır. Tuzluluk stresi, özellikle hücre zarlarının yapısını bozarak iyon dengesizliğine ve oksidatif strese yol açar. Bitkiler, bu stresle başa çıkabilmek için osmotik düzenleyici bileşikler üretir, ancak bu süreç fazla enerji gerektirir ve bitkinin genel sağlığını olumsuz etkiler (Parihar ve ark., 2015). Tuzluluk stresi, tıbbi ve aromatik bitkilerde uçucu yağ sentezini, fenolik bileşiklerin üretimini ve genel biyokimyasal bileşimi değiştirebilir (Said-Al Ahl ve ark., 2011; Elansary ve ark., 2019). Biyostimülantlar, toprak yapısını düzenleyip tuz alımını azaltarak bu stresi hafifletebilir ve bitkilerin dayanıklılığını artırabilir.

Sıcaklık Stresi

Aşırı yüksek ya da düşük sıcaklıklar, bitkilerde ciddi metabolik bozukluklara yol açabilir. Yüksek sıcaklıklar proteinlerin denatürasyonuna ve enzim aktivitelerinin bozulmasına neden olurken, düşük sıcaklıklar hücre zarlarının donmasına ve su kaybına yol açabilir. Sıcaklık stresi, bitkilerin büyümesini durdurabilir, çiçeklenmeyi engelleyebilir ve ürün kalitesini düşürebilir (Waraich ve ark., 2012). Tıbbi ve aromatik bitkilerde, sıcaklık stresi uçucu yağ üretimini ve kaliteyi büyük ölçüde etkileyebilmektedir (Abdelmajeed ve ark., 2013; Mahajan ve ark., 2020). Biyostimülantlar, sıcaklık stresine karşı bitkilerin termal dayanıklılığını artıran ve protein stabilitesini koruyan maddeler olarak işlev görebilir.

Ağır Metal Stresi

Endüstriyel kirlilik ve tarımda aşırı gübre kullanımı nedeniyle toprakta biriken ağır metaller, bitkilerde toksik etkilere neden olabilir. Kurşun, kadmiyum, arsenik ve civa gibi ağır metaller, bitkilerin büyümesini durdurarak hücrel enzim aktivitelerini baskılar, oksidatif stres seviyelerini yükseltir ve hücre ölümüne yol açabilir (Mahajan ve ark., 2020). Bu durum, tıbbi ve aromatik bitkilerin içeriğindeki biyoaktif maddelerin azalmasına ve ürün kalitesinin düşmesine neden olabilir. Biyostimülantlar, ağır metal birikimini azaltabilir ve bitkilerde antioksidan savunma mekanizmalarını güçlendirerek stresin etkilerini hafifletebilir.

Abiyotik stresler, tıbbi ve aromatik bitkilerde uçucu yağ sentezini doğrudan etkileyebilir. Kuraklık, tuzluluk veya sıcaklık stresi gibi durumlar, uçucu yağların miktarını ve bileşimini değiştirebilir. Örneğin, Origanum ve Lavandula gibi bitkilerde su eksikliği uçucu yağ üretimini azaltabilir veya yağın bileşiminde daha fazla stresle başa çıkma kapasitesi sağlayan bileşenlerin artmasına yol açabilir. Biyostimülantlar, uçucu yağ üretimini ve kalitesini optimize ederek bu streslerin olumsuz etkilerini hafifletebilir.

Biyostimülantların Abiyotik Stres Toleransını Artırma Mekanizmaları

Biyostimülantlar, bitkilerin abiyotik streslere karşı direncini artırarak metabolik süreçleri destekler ve büyümeyi teşvik eder. Abiyotik stresler altında bitkilerin fizyolojik fonksiyonları bozulabilir; biyostimülantlar, bu bozulmaları önleyerek bitkilerin hayatta kalmasını ve üretkenliğini sağlar. Aşağıda, biyostimülantların bu süreçleri nasıl düzenlediğine dair başlıca mekanizmalar açıklanmaktadır.

Fotosentez ve Metabolik Aktivitelerin İyileştirilmesi

Abiyotik stresler, bitkilerde fotosentez hızını düşürerek büyümeyi ve gelişmeyi olumsuz etkileyebilir. Özellikle kuraklık ve tuzluluk stresi altında stomaların kapanması, bitkilerin karbon dioksit alımını azaltır ve net fotosentez oranı düşer. Tıbbi ve aromatik bitkiler, kuraklık ve tuzluluk gibi streslere karşı osmotik düzenleme mekanizmaları geliştirir. Bu bitkiler, su kaybını sınırlamak için yaprak yüzeylerindeki stomalarını kapatır ve osmoregülatör maddeler (prolin, betain vb.) sentezleyerek hücrel su dengesini korumaya çalışırlar. Bu süreç, bitkinin yaşamsal fonksiyonlarını sürdürmesini sağlarken, üretim ve verim düşüşüne de yol açabilir (Dobrikova, 2023). Biyostimülantlar, bitkinin su kullanımını artırabilir ve fotosentezi artırarak bu etkileri hafifletir. Özellikle alg ekstraktları ve amino asitler, fotosentetik enzimlerin aktivitesini destekleyerek bitkilerin enerji üretimini artırır (Bulgari ve ark., 2017). Alg ekstraktları, fotosentezde yer alan klorofil sentezini teşvik eder ve bitkilerin ışık enerjisini daha verimli kullanmasını sağlar. Bu sayede bitkilerin enerji üretimi artar ve stres koşullarında dahi büyümeye devam edebilirler. Amino asitler ise fotosentetik pigmentlerin korunmasına yardımcı olur ve fotosentez hızını stabilize eder. Bu süreçte enerji verimliliğini artırarak bitkilerin metabolik faaliyetlerini düzenler.

Hormon Düzenlemeleri

Bitkisel hormonlar, bitkilerin stres koşullarında yanıt vermesinde kritik rol oynar. Abiyotik stres koşullarında bitkilerin hormon dengesi değişir. Özellikle abscisic acid (ABA), jasmonik asit (JA) ve etilen gibi stres hormonları, abiyotik streslere karşı bitki tepkilerini düzenler. Abscisic acid (ABA), kuraklık ve tuzluluk stresine karşı bitkilerdeki ana düzenleyici hormondur ve stomaların kapanmasında önemli bir rol oynar (Ali ve ark., 2020). Bunun yanında, jasmonik asit (JA) ve etilen gibi stres hormonları, bitkinin stres yanıtını yönlendirir. Tıbbi ve aromatik bitkilerde bu hormonların dengeyi koruması, bitkilerin abiyotik streslere daha toleranslı hale gelmesini sağlar (Wang ve ark., 2020). Biyostimülantlar, bu hormonların düzeyini düzenleyerek bitkilerin stres tepkisini optimize edebilir. Alg ekstraktları ve humik asitler, bitkide doğal hormon üretimini uyararak bitkinin streslere karşı daha dayanıklı olmasına katkı sağlar. Bu biyostimülantlar, bitkide sitokinin ve gibberellin hormonlarını artırarak hücre bölünmesi ve büyümesini teşvik eder. Protein hidrolizatları, hormon sinyal yollarını düzenleyerek stres yanıtlarını modifiye eder. Bu biyostimülantlar, ABA seviyelerini düzenleyerek stomaların kontrolünü sağlar ve su kaybını sınırlar (Paulert ve ark., 2021).

Su ve Besin Alımının Artırılması

Kuraklık ve tuzluluk gibi stresler altında bitkilerin su alımı zorlaşabilir ve köklerin besin maddelerini toplaması engellenebilir. Tıbbi ve aromatik bitkiler, stres koşullarında kök sistemlerini yeniden yapılandırarak hayatta kalmaya çalışırlar. Özellikle tuzlu topraklarda, bitkiler kök bölgelerindeki tuz birikimini tolere edebilmek için kök hücre duvarlarında yapısal değişiklikler yapar (Dobrikova, 2023). Ayrıca, kök bölgesindeki mikrobiyal faaliyetler de bitkinin abiyotik stresle başa çıkma kapasitesini etkileyebilir. Biyostimülantlar, kök büyümesini teşvik ederek ve faydalı mikrobiyal etkileşimleri artırarak bitkilerin bu streslere karşı direnç kazanmasına yardımcı olabilir. Özellikle mikoriza mantarları ve alg ekstraktları, bu süreçte kritik bir rol oynar. Mikoriza mantarları, bitki kökleri ile simbiyotik ilişkiler kurarak bitkilerin daha geniş bir kök alanına erişmesini sağlar. Bu sayede bitkiler, topraktaki su ve besin maddelerini daha etkin bir şekilde alabilir. Mikoriza, özellikle fosfor alımını artırarak bitkilerin büyümesini teşvik eder (Delaeter ve ark., 2024). Fulvik asitler, topraktaki besin maddelerini şelatlayarak bitkiler tarafından daha kolay emilmesini sağlar. Bu süreç, bitkilerin stres altındaki performansını artırır ve besin eksikliklerini gidermeye yardımcı olur (Canellas ve ark., 2015).

Antioksidan Sistemlerin Güçlendirilmesi

Tıbbi ve aromatik bitkiler, abiyotik stresler karşısında bir dizi metabolik yanıt gösterirler. Stres koşulları altında bitkilerde reaktif oksijen türleri (ROS) birikir ve ve bu da oksidatif stresle sonuçlanır. Oksidatif stres, hücre zarlarına zarar vererek protein denatürasyonuna ve DNA hasarına yol açabilir (Miller ve ark., 2008). Tıbbi ve aromatik bitkiler, oksidatif strese karşı doğal antioksidan savunma mekanizmalarına sahiptir ve bu zararlı etkileri azaltmak için antioksidan sistemlerini aktive ederler. Abiyotik stresler altında bitkiler, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz

(CAT) ve peroksidaz (POD) gibi enzimlerin seviyelerini artırarak ROS'un zararlı etkilerini azaltmaya çalışır (Kusvuran ve ark., 2016). Abiyotik stres koşulları altında fenolik bileşiklerin sentezi genellikle artar. Ancak bu artış, bitkinin enerji gereksinimini artırarak büyüme üzerinde olumsuz bir etkiye neden olabilir. Biyostimülanların bu süreçte fenolik bileşiklerin sentezini düzenleyerek bitkinin stresle başa çıkma kapasitesini artırdığı bilinmektedir. Özellikle tıbbi bitkilerde, antioksidan bileşiklerin sentezi hem bitkinin hayatta kalma şansını artırır hem de bu bileşiklerin farmakolojik değerini artırır. Ayrıca, fenolik bileşikler, flavonoidler ve terpenoidler gibi sekonder metabolitler, bitkilerin stres toleransında önemli bir rol oynar. Bu bileşikler, hem hücresel düzeyde stresle başa çıkma mekanizmalarını güçlendirir hem de bitkinin ticari değerini artıran unsurlardır (Chiappero ve ark., 2021). Biyostimülanlar, bitkilerin doğal antioksidan savunma mekanizmalarını destekler ve bitkilerin stres toleransını daha da güçlendirebilir. Amino asitler ve alg ekstraktları, bitkilerin antioksidan enzimlerini (süperoksit dismutaz, katalaz ve peroksidaz) aktive ederek oksidatif hasarı önler. Bu sayede hücrelerin yapısal bütünlüğü korunur ve bitkiler stres koşullarında hayatta kalabilir. Humik ve fulvik asitler, hücresel zarları stabilize eder ve serbest radikalleri nötralize eder. Bu durum, bitkilerin stres altında daha dayanıklı olmasını sağlar (Canelles ve ark., 2015).

Tıbbi ve Aromatik Bitkilerde Biyostimülan Uygulamaları

Tıbbi ve aromatik bitkilerde biyostimülanların kullanımı, bu bitkilerin üretimini artırmak ve kalitelerini iyileştirmek için giderek daha fazla ilgi gören bir yaklaşımdır. Biyostimülanların bitkiler üzerindeki olumlu etkileri, özellikle uçucu yağ verimi ve bileşimi, antioksidan kapasite ve stres toleransı gibi özellikler açısından önemli kazanımlar sağlamaktadır.

Origanum türleri, tıbbi ve aromatik özellikleri nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. Biyostimülanlar, kekik üretiminde uçucu yağ kalitesini artırmak ve bitkinin strese karşı direncini güçlendirmek amacıyla sıklıkla kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar, alg ekstraktları ve humik asitlerin kekik bitkisinde uçucu yağ verimini artırdığını göstermiştir. Özellikle karvakrol ve timol gibi aktif bileşiklerin oranlarında önemli artışlar gözlenmiştir (Mikhi ve ark., 2019; Abdali ve ark., 2023). Bir başka çalışmada, amino asit bazlı biyostimülanlar kullanıldığında, kekik bitkisinde antioksidan aktivite artışı ve fenolik bileşiklerin miktarında iyileşme sağlandığı belirlenmiştir. Bu durum, bitkinin farmakolojik özelliklerini güçlendirmektedir. Ayrıca, biyostimülanların kekik kök gelişimini teşvik ettiği, bu sayede su ve besin alımını iyileştirdiği tespit edilmiştir (Cheng ve ark., 2017). Bu, bitkinin kuraklık gibi streslere karşı daha dayanıklı olmasını sağlar.

Bir başka kekik türü *Thymus vulgaris*, tıbbi ve aromatik bitkiler arasında yaygın olarak kullanılan bir tür olup, özellikle uçucu yağlarının kalitesi büyük önem taşır. Biyostimülanlar, kekik üretiminde verimi artırmak ve bitkinin stres koşullarına karşı dayanıklılığını güçlendirmek için kullanılmaktadır. Alg ekstraktları kullanılarak yapılan çalışmalarda, kekik bitkisinde uçucu yağ veriminde ve özellikle timol ve karvakrol oranlarında

önemli artışlar sağlanmıştır (Rasuli ve ark., 2024). Bu bileşikler, kekik bitkisinin antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerini güçlendiren ana bileşenlerdir. Humik asit bazı biyostimülanlar, kekik bitkisinde kök büyümesini teşvik etmiş ve bitkinin kuraklık stresine karşı daha dirençli olmasını sağlamıştır. Aynı zamanda, bitkinin fotosentetik performansı artmış ve bu da biyokütle veriminde iyileşmelere yol açmıştır (Saber ve ark., 2019). Kekik üzerinde yapılan diğer bir çalışmada, mikroorganizmalar (rizobakteriler) ile yapılan biyostimülan uygulamaları, bitkinin besin alımını artırarak büyüme hızını ve uçucu yağ bileşimini olumlu yönde etkilemiştir (Abdollahi-Arpanahi ve ark., 2019).

Lavanta (*Lavandula*) türleri, parfümeri, kozmetik ve tıbbi ürünlerde yaygın olarak kullanılan uçucu yağlarıyla bilinir. Lavanta bitkilerinde biyostimülan uygulamaları, uçucu yağ miktarını ve kalitesini artırmak için oldukça etkilidir. Alg ekstraktları ile yapılan çalışmalar, lavanta bitkilerinde linalool ve linalil asetat gibi ana bileşenlerin üretiminde artış sağladığını göstermiştir (Caccialupi ve ark., 2022). Bu bileşenler, lavantanın ticari değerini artıran uçucu yağlardır. Ayrıca, lavanta bitkilerine uygulanan mikroorganizma bazlı biyostimülanlar, kök ve bitki büyümesini teşvik ederek bitkilerin stresli koşullarda daha iyi performans göstermesini sağlamıştır (Mujezinović ve ark., 2022). Mikoriza mantarları, özellikle fosfor alımını artırarak lavanta bitkilerinin daha sağlıklı büyümesine katkı sağlamıştır (Pirzad ve Mohammadzadeh, 2018). Lavanta üzerinde yapılan bir diğer çalışmada, biyostimülanların uygulandığı bitkilerin antioksidan kapasitelerinin arttığı ve bu sayede oksidatif strese karşı daha dirençli hale geldikleri tespit edilmiştir (Truzzi ve ark., 2021).

Adaçayı (*Salvia*) türleri, özellikle sağlık sektöründe geniş kullanım alanına sahip olup, biyostimülan uygulamaları ile verim ve kaliteyi artırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Humik ve fulvik asitler kullanılarak yapılan deneylerde, adaçayı bitkisinde uçucu yağ miktarının ve fenolik bileşiklerin miktarının arttığı gözlemlenmiştir (Khosravi ve ark., 2023). Bu, adaçayının farmakolojik etkilerini güçlendirmiştir. Amino asit bazlı biyostimülanlar, adaçayı bitkisinin büyümesini teşvik ederken, bitkideki su ve besin alımını iyileştirmiştir. Bu uygulamalar sonucunda bitkiler kuraklık gibi stres koşullarında daha verimli hale gelmiştir (Farruggia ve ark., 2024). Ayrıca, biyostimülanların adaçayında antioksidan sistemleri güçlendirdiği ve bu sayede bitkilerin oksidatif strese karşı daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir (Mujezinović ve ark., 2022).

Biberiye (*Rosmarinus officinalis*), güçlü antioksidan özelliklere sahip fenolik bileşikleri ve uçucu yağlarıyla bilinen önemli bir tıbbi ve aromatik bitkidir. Biyostimülanlar, biberiyede verim ve kaliteyi artırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmıştır. Alg ekstraktları ve humik asitler, biberiye bitkisinde uçucu yağ içeriğini ve rosmarinik asit gibi önemli fenolik bileşiklerin seviyesini artırmıştır. Bu, biberiyenin antioksidan kapasitesini ve antimikrobiyal özelliklerini güçlendirmiştir. Biyostimülanların biberiyede kök gelişimini artırarak su ve besin alımını iyileştirdiği, bu sayede bitkinin kuraklık gibi stres koşullarında daha dayanıklı hale geldiği gözlemlenmiştir (Nia ve ark., 2016). Bir çalışmada, mikroorganizma bazlı biyostimülanlar (örneğin, mikoriza

mantarları) kullanıldığında, biberiyede büyüme parametrelerinde iyileşme ve fotosentez hızında artış kaydedilmiştir (Pirzad ve Mohammadzadeh, 2018).

Nane (*Mentha piperita*), tıbbi ve aromatik kullanımı olan bir bitki olup, biyostimülant uygulamaları ile verimi ve kalitesi artırılabilir. Nane bitkisinde uçucu yağ verimi ve özellikle mentol içeriği oldukça önemlidir. Amino asit bazlı biyostimülantlar, nane bitkisinde klorofil içeriğini artırarak fotosentez hızını yükseltmiş ve bu da bitkinin biyokütle veriminde artış sağlamıştır. Ayrıca, uçucu yağ içerikleri de artmış ve mentol gibi aktif bileşiklerin oranında önemli iyileşmeler gözlemlenmiştir (Abd-Elkader ve ark., 2022). Mikoriza uygulamaları, nane bitkisinde kök gelişimini teşvik ederek bitkinin stres koşullarına karşı daha dayanıklı olmasını sağlamış ve verimi artırmıştır (Goudarzian ve ark., 2020). Bu simbiyotik ilişkiler, özellikle tuzluluk stresine karşı direnç geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Nane bitkisinde humik asit kullanımı, toprak yapısını iyileştirerek bitkinin su ve besin alımını artırmış, bu da verim artışına ve stres toleransına olumlu katkı sağlamıştır (Elansary ve ark., 2019).

Papatya (*Matricaria chamomilla*), antienflamatuvar ve yatıştırıcı özellikleriyle bilinen tıbbi bir bitkidir. Biyostimülantlar, papatya bitkisinin stres koşullarına karşı dayanıklılığını artırmak ve uçucu yağ kalitesini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Fulvik asit ve amino asitler, papatya bitkisinde büyüme ve çiçek verimini artırmış, aynı zamanda uçucu yağ veriminde önemli iyileşmeler sağlamıştır. Uçucu yağın içeriğinde α -bisabolol ve apigenin gibi farmakolojik açıdan önemli bileşiklerin miktarında artış sağlanmıştır (Alizadeh Salteh, ve ark., 2023). Alg ekstraktları, papatya bitkisinde antioksidan savunma mekanizmalarını güçlendirerek oksidatif strese karşı daha dirençli hale getirmiştir (Zarezadeh ve ark., 2020). Bu da bitkinin genel stres toleransını artırmış ve kaliteyi iyileştirmiştir. Papatya bitkisine uygulanan mikroorganizmalar, kök gelişimini teşvik ederek bitkinin su ve besin alımını iyileştirmiş ve bu sayede bitki veriminde artış gözlemlenmiştir (Ahmad ve Rabea, 2022).

Oğulotu (*Melissa officinalis*), sakinleştirici etkileri ile bilinen bir tıbbi bitkidir. Biyostimülantlar, oğulotu bitkisinin kalitesini artırmak ve verim elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Amino asitler ve alg ekstraktları ile yapılan biyostimülant uygulamaları, oğulotu bitkisinde uçucu yağ içeriğini artırmış, özellikle citral ve geranial bileşenlerinin seviyelerini yükseltmiştir (Majkowska-Gadomska ve ark., 2020). Bu bileşenler, oğulotunun tıbbi etkilerini güçlendirmektedir. Bir çalışmada, humik asit uygulamaları, oğulotu bitkisinde kök gelişimini teşvik etmiş ve bu sayede bitkinin su ve besin alımını iyileştirmiştir. Ayrıca biyostimülantların, oğulotu bitkisinde antioksidan aktiviteyi artırdığı ve bu sayede oksidatif stres koşullarına karşı daha dirençli hale geldiği belirlenmiştir (Gorgini Shabankareh ve ark., 2017).

Sarı kantaron (*Hypericum perforatum*), depresyon tedavisinde kullanılan önemli bir tıbbi bitkidir. Biyostimülant uygulamaları, bu bitkinin aktif bileşenlerinin kalitesini artırmak için kullanılmaktadır. Humik asitler ve amino asitler, Saint John's Wort bitkisinde hypericin ve hyperforin gibi önemli aktif bileşiklerin miktarını artırmıştır. Bu, bitkinin farmakolojik etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca, biyostimülantların bu

bitkinin büyüme ve gelişimini desteklediği, bu sayede verim ve kaliteyi artırdığı gözlemlenmiştir (Kaboli Farshchi ve ark., 2016). Yapılan bir başka çalışmada, mikroorganizmalar kullanılarak yapılan biyostimülant uygulamaları, bitkide kök gelişimini ve besin alımını iyileştirmiştir (Süntar ve ark., 2016).

Ekinezya (*Echinacea purpurea*), bağışıklık sistemini güçlendiren özellikleri ile bilinen bir bitkidir. Biyostimülant uygulamaları, ekinezyada verim ve aktif bileşenlerin kalitesini artırmak için kullanılmaktadır. Amino asit bazlı biyostimülantlar, ekinezya bitkisinde büyüme hızını artırarak kök ve yaprak gelişimini teşvik etmiştir. Bu durum, bitkinin genel veriminde artış sağlamıştır. Yapılan bu çalışmada, humik asit uygulamaları sayesinde aktif bileşenler olan echinacoside ve diğer polifenollerin miktarında artış gözlemlenmiştir (Fallah-Hosseini ve ark., 2022). Ayrıca, biyostimülantların ekinezya antioksidan kapasitesini artırdığı ve bu sayede stres koşullarına karşı daha dayanıklı hale geldiği belirlenmiştir (Bat ve ark., 2020).

Farklı tıbbi ve aromatik bitkilerde elde edilen bu sonuçlar, biyostimülantların tıbbi ve aromatik bitkilerde verim ve kaliteyi artırmadaki etkisini açıkça göstermektedir. Biyostimülantların kullanımı, bitkilerin stres koşullarına dayanıklılığını artırırken, aynı zamanda potansiyel sağlık yararlarını da artırmaktadır. Özellikle uçucu yağ fenolik bileşikler ve terpenoidlerin miktarındaki artış, bu bitkilerin tıbbi ve aromatik özelliklerini güçlendirir.

Gelecek Perspektifleri ve Zorluklar

Biyostimülantların tıbbi ve aromatik bitkilerde kullanımı, birçok avantaj sağlasa da bazı zorluklarla da karşılaşmaktadır. Biyostimülantların etkinliği, kullanılan ürünlerin içeriğine ve uygulama koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu durum, farklı üreticiler arasında standart bir kalite kontrol mekanizmasının olmaması nedeniyle zorluk yaratmaktadır (Li ve ark., 2022). Ayrıca, çiftçiler ve üreticiler arasında biyostimülantların faydaları ve kullanımı hakkında yeterli bilgi ve farkındalık bulunmamaktadır. Bu da biyostimülantların potansiyelinin tam olarak kullanılmamasına yol açmaktadır. Biyostimülantların, tarımsal ürünlerde kullanılmadan önce geçmesi gereken regülasyon ve onay süreçleri, çoğu zaman zaman alıcı ve karmaşık olabilmektedir. (Caradonia ve ark., 2019). Bu durum, ürünlerin pazara girişini geciktirmektedir. Bunun yanı sıra, biyostimülantların etkinliğini artırmak için uygun uygulama tekniklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Biyostimülantların etkinliğini ve bitkiler üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için araştırmaların yapılması gerekmektedir. Özellikle farklı bitkilerde biyostimülantların nasıl çalıştığını açıklayan mekanizmaların incelenmesi önemlidir. Ayrıca, diğer tarım uygulamalarıyla (örneğin, gübreleme ve sulama) entegrasyonu zor olabilmektedir.

Biyostimülantların uzun dönemli etkileri ve bu uygulamaların toprak sağlığı üzerindeki etkileri hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Bu, sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesine katkıda bulunacaktır. Farklı bitkilerde ve iklim koşullarında biyostimülantların etkinliğinin araştırılması, uygulama yöntemlerinin

optimize edilmesine yardımcı olacaktır. Her bitki türü için spesifik biyostimülant uygulamaları geliştirilmesi gerekmektedir. Yeni biyostimülantlar ve formülasyonlar geliştirmek, özellikle doğal ve organik tarım uygulamaları için önemlidir. Bu hem bitki verimini artıracak hem de çevresel sürdürülebilirliği destekleyecektir.

Sonuç

Bu derleme makalesinde, biyostimülantların tıbbi ve aromatik bitkilerin abiyotik stres toleransını artırmadaki rolü, kullanım mekanizmaları, avantajları ve mevcut zorlukları detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Biyostimülantlar, bitki gelişimini iyileştirirken, çevresel sürdürülebilirliği destekleyerek tarımsal üretim süreçlerinde önemli bir yer edinmektedir. Özellikle doğal kaynakların korunması, toprak sağlığının iyileştirilmesi ve su kullanımının optimize edilmesi gibi yönleriyle tarımsal sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadırlar.

Yapılan araştırmalar, biyostimülantların verim ve kalite üzerindeki olumlu etkilerini göstermektedir. Çeşitli tıbbi ve aromatik bitkilerde gerçekleştirilen uygulamalar, bu ürünlerin potansiyel faydalarını ortaya koymuştur. Ancak, biyostimülantların etkinliğini artırmak ve geniş bir kullanım alanı bulmalarını sağlamak için bazı zorluklar hâlâ mevcuttur. Standartlaşma eksikliği, yetersiz bilgi ve farkındalık, regülasyon süreçleri gibi faktörler, biyostimülantların tarımda yaygın kullanımını sınırlamaktadır.

Gelecekte, biyostimülantların etkinliğine dair daha fazla araştırma yapılması ve bu ürünlerin uzun dönemli etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca, yeni biyostimülant formülasyonları geliştirmek ve farklı bitkiler için spesifik uygulama yöntemleri oluşturmak, bu alandaki bilgi birikimini artıracaktır.

Sonuç olarak, biyostimülantlar, tıbbi ve aromatik bitkilerin stres toleransını artırmada önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Çiftçiler, üreticiler ve araştırmacılar, bu ürünlerin potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için iş birliği yapmalı ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekleyen yenilikçi çözümler geliştirmelidir.

Kaynaklar

Abd-El-kader, E. H., Ali, A. F., & Tawfik, O. H. (2022). Growth and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.) plants as influenced by compost and some biostimulants. *Archives of Agriculture Sciences Journal*, 5(1), 53-76.

Abdali, R., Rahimi, A., Siavash Moghaddam, S., Heydarzadeh, S., Arena, C., Vitale, E., & Zamanian, M. (2023). The role of stress modifier biostimulants on adaptive strategy of oregano plant for increasing productivity under water shortage. *Plants*, 12(24), 4117.

Abdelmajeed, N. A., Danial, E. N., & Ayad, H. S. (2013). The effect of environmental stress on qualitative and quantitative essential oil of aromatic and medicinal plants. *Archives des sciences*, 66(4), 100-120.

Abdollahi Arpanahi, A., Feizian, M., & Mehdipourian, G. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria enhance oil content and physiological status of *Thymus daenensis* Celak. under drought stress. *Journal of Medicinal Herbs*, 9(4), 223-231.

Aftab, T., Choudhary, S., Naeem, M., Masroor, M., Khan, A., & Aftab, T. (2019). A review of medicinal and aromatic plants and their secondary metabolites status under abiotic stress. *Journal of Medicinal Plants*, 7(3), 99-106.

Ahmad, R. A., & Rabea, K. M. (2022). Effect of mycorrhiza, cytokinin and organic fertilizer on the growth and yield of chamomile plant (*Matricaria recutita* L.). *Indian Journal of Ecology*, 49(20), 119-125.

Ali, S., Hayat, K., Iqbal, A., & Xie, L. (2020). Implications of abscisic acid in the drought stress tolerance of plants. *Agronomy*, 10(9), 1323.

Alizadeh Salteh, S., Nasiri Kaleibar, A., Zaare-Nahandi, F., & Adlipour, M. (2023). Salicylic acid and fulvic acid foliar application influence the growth, some physiological responses and essential oil content of *Thymus vulgaris* L. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(4), 165-178.

Azad, M.O.K., Park, B.S., Adnan, M., Germ, M., Kreft, I., Woo, S.H., & Park, C.H. (2021). Silicon biostimulant enhances the growth characteristics and fortifies the bioactive compounds in common and tartary buckwheat plant. *Journal of Crop Sciences Biotechnology*, 24, 51-59.

Bashir, M. A., Rehman, A., Raza, Q. U. A., Raza, H. M. A., Zhai, L., Liu, H., & Wang, H. (2021). Biostimulants as plant growth stimulators in modernized agriculture and environmental sustainability. *Technology in Agriculture*, 311.

Bat, M., Tunçtürk, R., & Tunçtürk, M. (2019). *Echinacea purpurea* L.) bitkisinde kuraklık stresi ve deniz yosunu uygulamalarının bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(1): 99-107. DOI: 10.18016/ksutarimdog.a.vi.535210.

Battacharyya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed Extracts as Biostimulants in Horticulture. *Science Horticulture*, 196, 39-48.

Bistgani, Z. E., Barker, A. V., & Hashemi, M. (2024). Physiology of medicinal and aromatic plants under drought stress. *The Crop Journal*, 12 (2), 330-339.

Bulgari, R., Morgutti, S., Cocetta, G., Negrini, N., Farris, S., Calcante, A., Spinardi, A., Ferrari, E., Mignani, I., & Oberti, R. (2017). Evaluation of borage extracts as potential biostimulant using a phenomic, agronomic, physiological, and biochemical approach. *Frontier Plant Sciences*, 8, 935.

Caccialupi, G., Caradonia, F., Ben Hassine, M., Truzzi, E., Benvenuti, S., Ronga, D., & Francia, E. (2022). Use of biostimulants to increase biomass production in Lavandin (*Lavandula x intermedia*) cultivated in Tuscan-Emilian Apennines. In AISSA.

Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27.

Caradonia, F., Battaglia, V., Righi, L., Pascali, G., & La Torre, A. (2019). Plant biostimulant regulatory framework: prospects in Europe and current situation at international level. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38, 438-448.

Cheng, C., Liu, Z., Zhou, Y., Wei, H., Zhang, X., Xia, M., & Peng, J. (2017). Effect of oregano essential oil supplementation to a reduced-protein, amino acid-supplemented diet on meat quality, fatty acid composition, and oxidative stability of *Longissimus thoracis* muscle in growing-finishing pigs. *Meat science*, 133, 103-109.

Chiappero, J., del Rosario Cappellari, L., Palermo, T. B., Giordano, W., Khan, N., & Banchio, E. (2021). Antioxidant status of medicinal and aromatic plants under the influence of growth-promoting rhizobacteria and osmotic stress. *Industrial Crops and Products*, 167, 113541.

Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., Roupheal, Y. (2015a). Protein Hydrolysates as Biostimulants in Horticulture. *Science Horticulture*, 196, 28-38.

Colla, G., Roupheal, Y., Di Mattia, E., El-Nakhel, C., Cardarelli, M. (2015b). Co-Inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma Atroviride* Acts as a Biostimulant to Promote Growth, Yield and Nutrient Uptake of Vegetable Crops. *Journal of Science Food Agriculture*, 95, 1706-1715.

- Delaeter, M., Magnin-Robert, M., Randoux, B., & Lounès-Hadj Sahraoui, A. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi as biostimulant and biocontrol agents: a review. *Microorganisms*, 12(7), 1281.
- Dobrikova, A.G. (2023). Abiotic Stress Tolerance in Crop and Medicinal Plants. *Plants*, 2023; 12(24):4167. <https://doi.org/10.3390/plants12244167>
- Fallah Hosseini, Z., Riahi, H., Ghorbani Nohooji, M., & Shariatmadari, Z. (2022). The Effect of Cyanobacterial Bioelicitors on Total Phenolic Content of *Echinacea purpurea* L. *Journal of Phycological Research*, 6(2), 914-922.
- Farruggia, D., Di Miceli, G., Licata, M., Leto, C., Salamone, F., & Novak, J. (2024). Foliar application of various biostimulants produces contrasting response on yield, essential oil and chemical properties of organically grown sage (*Salvia officinalis* L.). *Frontiers in Plant Science*, 15, 1397489.
- Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., & Espen, L. (2022). Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*, 8(3), 189.
- Gorgini Shabankareh, H., Sabouri, F., Saedi, F., & Fakheri, B. A. (2017). Effects of different levels of humic acid on growth indices and essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under different irrigation regimes. *Crop Science Research in Arid Regions*, 1(2), 166-176.
- Goudarzian, A., Pirbalouti, A. G., & Hossaynzadeh, M. (2020). Menthol, balance of menthol/menthone, and essential oil contents of *Mentha x Piperita* L. under foliar-applied chitosan and inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(5), 1012-1021.
- Kaboli Farshchi, H., Azizi, M., Nemati, S. H., & Rowshan, V. (2016). Effect of potassium sulphate and humic acid on growth, yield and essential oil content in *Hypericum perforatum* L. *Journal of Horticultural Science*, 29(4), 518-527.
- Kapoor, R. V., Wood, E. E., & Llewellyn, C. A. (2021). Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. *Biotechnology Advances*, 49, 107754.
- Khosravi, F., Bahmanyar, M. A., & Akbarpour, V. (2023). Effect of different levels of humic acid and zinc sulfate on morphological and phytochemical traits of (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science*, 37(3), 615-627.
- Kusvuran, S., Kiran, S., & Ellialtioglu, S. S. (2016). Antioxidant enzyme activities and abiotic stress tolerance relationship in vegetable crops. *Abiotic and biotic stress in plants—recent advances and future perspectives*, 481-506.
- Mahajan, M., Kuiry, R., & Pal, P. K. (2020). Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 18, 100255.
- Majkowska-Gadomska, J., Jadwisieńczyk, K., Francke, A., & Kaliniewicz, Z. (2022). Effect of biostimulants on the yield and quality of selected herbs. *Applied Sciences*, 12(3), 1500.
- Mikhi, S., Doulati, B., & Rahimi, A. (2019). Effects of Micronutrients and Humic Substance Application on some Quantitative and Qualitative Traits of Medicinal and Aromatic Herbs of Istanbul oregano. *Agricultural Engineering*, 42(2), 51-66.
- Miller, G., Shulaev, V., & Mittler, R. (2008). Reactive oxygen signalling and abiotic stress. *Physiologia plantarum*, 133(3):481-489.
- Mujezinović, F., Avdić, J., Livančić, B., Ašimović, Z., Smajić Murtić, M., & Murtić, S. (2022). Enhancement of antioxidant properties of lavender (*Lavandula officinalis* L.), sage (*Salvia officinalis* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) by application of natural biostimulants. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 87(1), 77-81.
- Nardi, S., Schiavon, M., & Francioso, O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, 26, 2256.
- Nia, A. F., Badi, H. N., Mehrafarin, A., Bahman, S., & Sahandi, M. S. (2016). Changes in the essential oil content and terpene composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) by using plant biostimulants. *Acta agriculturae Slovenica*, 107(1), 147-157.
- O. Elansary, H., Mahmoud, E. A., El-Ansary, D. O., & Mattar, M. A. (2019). Effects of water stress and modern biostimulants on growth and quality characteristics of mint. *Agronomy*, 10(1), 6.
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental science and pollution research*, 22, 4056-4075.
- Paulert, R., Ascrizzi, R., Malatesta, S., Berni, P., Nosedà, M. D., Mazetto de Carvalho, M., & Pistelli, L. (2021). Ulva intestinalis extract acts as biostimulant and modulates metabolites and hormone balance in basil (*Ocimum basilicum* L.) and parsley (*Petroselinum crispum* L.). *Plants*, 10(7), 1391.
- Pirzad, A., & Mohammadzadeh, S. (2018). Water use efficiency of three mycorrhizal Lamiaceae species (*Lavandula officinalis*, *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris*). *Agricultural Water Management*, 204, 1-10.
- Rahman, S., Iqbal, M., & Husen, A. (2023). Medicinal plants and abiotic stress: an overview. *Medicinal Plants: Their Response to Abiotic Stress*, 1-34.
- Ramakrishna, A., & Ravishankar, G.A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signal Behav*, 6:1720-1731
- Rasuli, N., Riahi, H., Shariatmadari, Z., Nohooji, M. G., MehrabanJoubani, P., & Dehestani, A. (2024). Enhancing thymol and carvacrol biosynthesis in *thymus vulgaris* l. using *laurencia caspica* seaweed extract: biostimulant potential and gene expression insights. *Journal of Applied Physiology*, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4626550/v1>
- Saber, M., Changizi, M., Khaghani, S., Gamariyan, M., Pourmeidani, A., & Jafari, A. A. (2019). Effect of Salinity and Humic Acid on Morphological Traits and Essential Oil Content of *Thymus Kotschyanus*. *Archives of Pharmacy Practice*, 10(2-2019), 89-96.
- Said-Al Ahl, H. A. H., & Omer, E. A. (2011). Medicinal and aromatic plants production under salt stress. A review. *Herba Polonica*, 57(2).
- Santini, G., Biondi, N., Rodolfi, L., & Tredici, M. R. (2021). Plant biostimulants from cyanobacteria: An emerging strategy to improve yields and sustainability in agriculture. *Plants*, 10(4), 643.
- Savvas, D., & Ntatsi, G. (2015). Biostimulant Activity of Silicon in Horticulture. *Science Horticulture*, 196, 66-81.
- Süntar, I., Oyardı, O., Akkol, E. K., & Özçelik, B. (2016). Antimicrobial effect of the extracts from *Hypericum perforatum* against oral bacteria and biofilm formation. *Pharmaceutical Biology*, 54(6), 1065-1070.
- Truzzi, E., Benvenuti, S., Bertelli, D., Francia, E., & Ronga, D. (2021). Effects of biostimulants on the chemical composition of essential oil and hydrosol of lavender (*Lavandula x intermedia emeric ex loisel.*) cultivated in tuscan-emilian apennines. *Molecules*, 26(20), 6157.
- Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1-12.
- Wang, J., Song, L., Gong, X., Xu, J., & Li, M. (2020). Functions of jasmonic acid in plant regulation and response to abiotic stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1446.

- Waraich, E. A., Ahmad, R., Halim, A., & Aziz, T. (2012). Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(2), 221-244.
- Yakhin, O.I., Lubyantsev, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers Plant Science*, 7, 2049.
- Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., & Chen, S. (2021). Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*, 7(3), 50.
- Zarezadeh, S., Riahi, H., Shariatmadari, Z., & Sonboli, A. (2020). Effects of cyanobacterial suspensions as bio-fertilizers on growth factors and the essential oil composition of chamomile, *Matricaria chamomilla* L. *Journal of Applied Phycology*, 32, 1231-1241.



Protein, Lipid and Polysaccharide Biomolecules in the Coating of Table Eggs

Çiğdem Şeremet^{1,a,*}

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 11.07.2024 Accepted : 22.08.2024</p> <p>Keywords: Egg Shelf life Internal and external quality Eggshell strength Edible coatings</p>	<p>Eggs are a foodstuff with high nutritional value consumed in every society and age group. The widespread use of eggs and egg products in the food industry emphasizes hygienic quality as well as consumption time with regard to human health. In cases leading to food-borne poisoning, diseases and even deaths, almost half of the salmonellosis outbreaks are associated with consuming eggs and egg products. On the other hand, maintaining the internal and external quality, which determines the consumption period of shell eggs, is of great importance in terms of reducing food loss and waste. To prolong the storage time/shelf life of table eggs, coating them with solutions containing oil or wax has been used since ancient times. The aim of this method, which is now called edible films or coatings, is to extend the shelf life by protecting the internal and external quality and microbiological quality of the egg and also to contribute to the strength of the eggshell. In this review, protein, lipid and polysaccharide-based biomolecules used in the coating of table eggs are summarised and their positive and negative aspects are emphasized.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1953-1958, 2024

Sofralık Yumurtaların Kaplanması Protein, Lipit ve Polisakkarit Biyomoleküller

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makalesi</i></p> <p>Geliş : 11.07.2024 Kabul : 22.08.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Yumurta Raf ömrü İç ve dış kalite Kabuk mukavemeti Yenilebilir kaplamalar</p>	<p>Yumurta her toplumda ve yaş grubunda severek tüketilen besin değeri yüksek bir gıda maddesidir. Yumurta ve yumurta ürünlerinin gıda endüstrisinde yaygın kullanımı insan sağlığı açısından tüketim süresi yanında hijyenik kaliteyi de ön plana çıkarmaktadır. Gıda kaynaklı zehirlenmelere, hastalıklara ve hatta ölümlere kadar giden vakalarda özellikle salmonelloz salgınlarmın yarıya yakını yumurta ve yumurta ürünleri tüketimi ile ilişkilendirilmektedir. Diğer taraftan kabuklu yumurtanın tüketim süresini belirleyen iç ve dış kalitesinin korunması gıda kaybı ve atık miktarlarının azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Sofralık yumurtalarda depolama süresini/raf ömrünü uzatmak amacıyla yumurtaların yağ veya mum içeren çözeltilerle kaplanması çok eski zamanlardan beri uygulanan bir yöntemdir. Günümüzde yenilebilir film veya kaplamalar olarak adlandırılan bu yöntemde amaç yumurtanın iç ve dış kalitesi ile mikrobiyolojik kalitesini koruyarak raf ömrünü uzatmak, ayrıca yumurta kabuğunun mukavemetine de katkı sağlamaktır. Bu derlemede, sofralık yumurtaların kaplanmasında kullanılan protein, lipit ve polisakkarit bazlı biyomoleküller özetlenerek olumlu ve olumsuz yönlerine vurgu yapılmıştır.</p>

cioldem.seremet@ege.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-9642-1648>



Giriş

Yumurta içerdiği esansiyel amino asitler ve yağ asitleri, çok sayıda vitamin ve mineral ile biyoaktif komponentler açısından yüksek kaliteli bir gıda maddesidir. Aynı zamanda iz miktardaki karbonhidrat içeriği nedeniyle de düşük kalorilidir. Besin kalitesi açısından üstünlüğü, duyuşsal özellikleri ve diğer hayvansal protein kaynaklarına göre ekonomik oluşu yumurtanın hemen her toplumda tüketiciler tarafından tercih edilen bir gıda maddesi olmasını sağlamıştır. Tavukçuluk sektörü, ıslah çalışmaları ve teknolojiye gelişmeler sayesinde hızla büyümüş ve dolayısıyla üretilen ürün miktarları da buna paralel olarak artmıştır. Dünya yumurta üretimi 2022 yılı verilerine göre 87 milyon tondur (Anonymous, 2024). Son otuz yıllık süreç değerlendirildiğinde dünya yumurta üretiminin %150 oranında arttığı ve bu büyümenin büyük bir kısmının, üretimin neredeyse dört kat arttığı Asya'da gerçekleştiği görülmektedir (FAO, 2024). Kişi başına düşen yumurta tüketimine bakıldığında ise 2019-2021 yılları arasında gelişmiş ülkelerde 14,9 kg iken, gelişmekte olan ülkelerde 10,0 kg olarak rapor edilmiş ve 2031 yılında sırasıyla 16,0 ve 10,7 kg olacağı tahmin edilmektedir (OECD/FAO, 2022).

Gıda pazarı küresel ekonominin büyük bir bölümünü temsil etmekte ve her yıl hızla büyümektedir. Tavuk yumurtası üretiminde tüm tedarik zinciri ele alındığında ulusal ve uluslararası kuruluşların raporlarından elde edilen veri ve bilgiler, 2000-2022 yılları arasında Dünya yumurta gıda kaybı ve kırık yumurta atık oranının %37,66'lara ulaştığını göstermektedir (Alt ulusal raporlar, akademik çalışmalar, FAOSTAT ve Dünya Bankası, GIZ, FAO, IFPRI ve diğer kaynaklar). Bu rakamın hesaplanmasında üretim öncesi, çiftlikte, depolamada, nakliye sırasında, işleme sürecinde, toptan ve perakende satışta ve tüketiciye ulaştıktan sonra olmak üzere tüm tedarik zinciri kullanılmıştır (FAO, 2021). Özellikle çiftlik (%2,08), depolama (%2,31), nakliye (%1,83) ve tüketiciye ulaştıktan sonraki aşamalar değerlendirildiğinde yumurta kabuk kalitesi ve iç kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi ile gıda kaybı ve atık miktarlarının azaltılması büyük önem taşımaktadır.

İnsanların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmeleri ve geliştirebilmeleri için yeterli miktarda ve besleyiciliği yüksek gıdaya erişmeleri şarttır. Bu noktada gıda güvenliği, beslenme ve gıda güvenliği ayrılmaz bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Kontamine gıda kaynaklı hastalıklar Dünya çapında en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olarak kabul edilmekte ve Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre her yıl yaklaşık 600 milyon vaka ve 420 bin ölüm belgelenmektedir. Tıbbi harcamalar nedeniyle ulusal ve uluslararası ekonomiler zarar görmekte ve dolayısıyla sosyoekonomik kalkınma etkilenmektedir. Bu nedenle gıda güvenliğinin sağlanması ve daha güçlü gıda sistemlerinin oluşturulmasında hükümetler, üreticiler ve tüketiciler arasında iyi bir iş birliğine ihtiyaç vardır (WHO, 2022).

Sofralık yumurtalar, kabuk sağlam ve temiz olsa bile, "gıda zehirlenmesi" olarak adlandırılan gıda kaynaklı hastalıklara neden olabilen bakteriler içerebilir (FDA, 2022). Bu patojen bakterilerden biri olan Salmonella, 2018-2022 yıllarında Avrupa'da kontamine gıda tüketimi nedeniyle kampilobakteriyozdan sonra hastaneye yatışa

neden olan en yaygın ikinci zoonotik hastalık ve listeriyozdan sonra ikinci ölüm nedeni olmuştur. Ayrıca, 2018 yılında AB'de bildirilen salmonelloz salgınlarının %45,6'sı "yumurta ve yumurta ürünleri" tüketimi ile ilişkilendirilmiştir (EFSA & ECDC, 2019). Güvenli ve sağlıklı yumurta ve yumurta ürünleri üretiminde temel üretim işletmelerinden başlayarak tüketicinin mutfağına ulaşıncaya kadar ve sonrasında saklama, hazırlama ve servis süreçlerinde kontaminasyonu en aza indirecek önlemlerin alınması, sürekli ve etkin olarak denetlenmesi zorunludur. FDA, çiftlikte, nakliye ve depolama sırasında yumurtaların kontaminasyonunu önlemeye yardımcı olmak için düzenlemeler getirmiştir. Ülkemizde de Tarım ve Orman Bakanlığının yetkisi dahilinde yürütülen HACCP uygulamaları, iyi hijyen-iyi üretim uygulamaları ve özellikle Salmonella koruma ve kontrol programları ile yumurtanın kontaminasyonu, yumurta ve yumurta ürünlerinin neden olduğu enfeksiyonlar kontrol altına alınabilmektedir.

Embriyo gelişimi için gerekli tüm besin maddelerini yeterli ve dengeli bir şekilde içeren ve aynı zamanda insanlar için mükemmel bir gıda olan yumurta doğal olarak sahip olduğu antimikrobiyal savunma sistemleri ile kontaminasyona karşı korunmaktadır. Yumurtanın biyolojik yapısı, kütikül tabakası, kabuk, kabukaltı zarları, albümin ve vitellin zar pH düzeyleri, mineral madde ve protein içerikleri ile bakteriyostatik özellikleri sayesinde etkin bir fiziksel bariyer olarak görev yapmaktadır. Bununla birlikte yumurtlandığı anda steril olarak kabul edilen yumurtanın bu katmanlarının çeşitli nedenlerle filtrasyon özellikleri zayıflamakta ve dolayısıyla yumurta kabuğu ve içeriği kontamine olabilmektedir (Altan, 2015; Eddin ve ark., 2019). Yumurtaların patojen mikroorganizmalarla bulaşması ovary (yumurtalık), ovidukt (yumurta kanalı) ve kabuk olmak üzere 3 yolla gerçekleşir. Yumurta sarı folikülü ovaryuma bağlı iken veya yumurta ovidukt kanalında ilerlerken albümin ve kabukaltı zarları enfekte olabilir. Ancak ovary ve ovidukt kaynaklı enfeksiyonlar nadir görülür. Tavuklarda sindirim ve üreme kanalları aynı yere açıldığı için yumurtanın kloaktan geçişi sırasında veya yumurta yumurtlandıktan sonra temas ettiği her yüzeyden (gübre, altlık/folluk materyali, kümes havası, toz, işçinin elleri, yumurta depoları, paketleme makinaları vb.) kontamine olabilir (Bhale ve ark., 2003). Dolayısıyla temel üretim aşamalarından tüketicinin mutfağına ulaşıncaya kadar yumurtada kontaminasyonu minimum düzeye indirecek önlemleri almak üreticilerin sorumluluğundadır. Yumurta üretiminin yapılacağı kümes yerinin belirlenmesinden işletmeye giriş/çıkışların denetlenmesi, zararlı mücadelelerinde kontrol programları, yem ve su manajemen, yumurta toplama, paketleme, depolama ve nakliyesi ile çalışan personel ve kümes içi hijyeni, sağlıklı yumurta üretimi ve yumurta güvenliğinin sağlanmasında/sürdürülmesinde kritik rol oynar (Altan, 2015). Yemeklik yumurta üretim aşamalarından herhangi birinde hijyenik kalite sağlanmadığında da tüketici sağlığı olumsuz yönde etkilenir.

Yumurta kabuk yüzeyinde gübre, kan, küf vb. maddelerin varlığı, dolayısıyla mikroorganizma yoğunluğunun fazla olması yumurta içeriğinin hızla

enfekte olmasına yol açar. Bu durumda yumurtaların yıkanarak ya da alternatif yöntemlerle dekontaminasyonu sağlanmaya çalışılır. Yumurta yıkama çok uzun yıllardır uygulanan, özel kuralları ve aşamaları olan, kurallara uygun yapıldığında da mikroorganizmaların kabuktan penetrasyon riskini en aza indiren temizleme yöntemidir. Bununla birlikte yumurta yıkamanın olumlu yönleri yanında olumsuz etkilerinin de olması nedeniyle bazı ülkelerde yasaklanırken, bazı ülkelerde izin verilmektedir. Bu nedenle yumurta yıkamaya alternatif olabilecek UV veya ozon uygulaması, mikrodalga, plazma, ışınlama teknikleri gibi yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin bazıları gıda endüstrisinde başarıyla uygulanırken, birtakım dezavantajlara sahip olanlar modifiye edilerek eksiklikleri giderilmeye çalışılmaktadır.

Sağlıklı yumurta üretimi, yumurta hijyen ve güvenliğinin sağlanması ve sürdürülmesi ile mümkün olmakta, böylelikle mikrobiyolojik kalite korunarak gıda kayıpları azaltılabilmektedir. Yumurta iç kalitesinin korunması ve mikroorganizma kontaminasyonunun önlenmesi için uygun biçimde depolanması da ticari açıdan oldukça önemlidir. Tavukçuluk sektöründe en yaygın kullanılan depolama yöntemi yumurtaları 10-13 °C ortam sıcaklığında depolamaktır. Diğer soğuk depolama teknikleri, yumurtaları yavaş veya hızlı (kriyojenik) bir şekilde 7 °C'lik depo sıcaklığına soğutan uygulamalardır. Ancak maliyetlerinin yüksek olması, yumurtalarda terleme riski veya kabukta mikro çatlak oluşumu gibi dezavantajları nedeniyle hızlı soğutma yöntemleri genellikle tercih edilmemektedir. Soğukta depolama yöntemlerinden ayrı olarak yararlanılan bir diğer seçenek ise yumurtaların modifiye atmosferde paketlenerek depolanmasıdır (Altan, 2015). Bitkisel ve hayvansal gıdaların karbondioksit, oksijen veya azot içeren ortamlarda depolanması uzun yıllardır araştırılan ve özellikle AB ülkelerinde yaygın olarak uygulanan doğal bir yöntemdir.

Bütün depolama tekniklerinin temel amacı yumurtanın biyogüvenliğini ve kalitesini koruyarak raf ömrünü uzatmaktır. Bu amaçla geliştirilen teknolojilerden bir diğeri de yumurtaların yenilebilir kaplamalar ile kaplanmasıdır. Yenilebilir film veya kaplamalar tanım olarak birbirinin yerine kullanılabilir de aynı rolü üstlenen farklı kavramlardır. Filmler çeşitli yöntemlerle önceden üretilir ve gıdayı gömmek için kullanılırken, kaplamalar viskoz bir sıvı kullanılarak gıda yüzeyine uygulanır (Avramescu ve ark., 2020). Aslında gıda endüstrisinde yenilebilir film ve kaplamaların kullanımı yeni bir teknik değildir; özellikle meyve ve sebzelerde mekanik hasarları, enzimatik ve mikrobiyal bozulmaları önlemek, dolayısıyla raf ömrünü uzatmak için uzun yıllardır yararlanılan ve sürekli geliştirilen bir teknolojidir. Sofralık yumurtalarda da temel olarak raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanan kaplama işlemi ile özellikle depolama sırasında enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve kabuk mukavemetinin artmasına bağlı olarak nakliye aşamasındaki kırık-çatlak oranının azaltılması da hedeflenmektedir. Sonuç olarak gıda kaybı ve atık miktarlarının minimize edilerek sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada, kabuklu yumurtaların kontaminasyonu, oluşabilecek sağlık riskleri ile yumurtaların iç kalitesinin korunarak uzun süre depolanmasına olanak sağlayan yöntemler anlatılmış ve bu yöntemlerden yenilebilir

kaplama yapımında yaygın olarak kullanılan protein, lipit ve polisakarit bazı biyomoleküller özetlenerek olumlu ve olumsuz yönlerine vurgu yapılmıştır.

Yumurtalarda Kullanılan Yenilebilir Kaplamalar

Yumurta kabuğu, yumurtanın doğal koruyucu bariyeri olarak görev yapsa da gaz alışverişi için kabukta bulunan gözeneklerin miktarı, su buharı ve CO₂ kaybının yanı sıra mikrobiyal penetrasyonu da etkileyerek yumurta kalitesinin bozulmasına neden olur (EFSA, 2014; Morsy ve ark., 2015). Bununla birlikte, dıştan sert ama kırılabilir yapıda olan yumurta kabuğu özellikle nakliye aşamasında zarar görebilmektedir. Temel görevi mekanik destek sağlayarak yumurta içeriğini korumak olan kabuğun sağlamlığının sürdürülmesi de kalite ve kontaminasyon açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla hem kalite kayıplarını önlemek hem de yumurta içeriğini mikrobiyal bulaşmalardan korumak, böylelikle yumurtanın raf ömrünü uzatarak gıda israfını azaltmak amacıyla yumurta kaplama uygulaması geliştirilmiştir.

Kabuklu yumurtaların yağ veya mum içeren bir çözeltiye batırılarak kaplanması ve bu şekilde muhafaza edilmesi çok eski zamanlardan beri uygulanan bir yöntemdir. Ancak, Meyer ve Spencer (1973)'de belirtildiği üzere raf ömrünü uzatmak ve kabuk mukavemetini arttırmak amacıyla çeşitli materyallerle yumurtayı kaplama uygulamaları bilimsel anlamda 1950'li yıllardan itibaren çalışılmaya başlanmıştır (Rutherford & Murray, 1963; Sabrani & Payne, 1978). Bu yıllardan itibaren de yumurta endüstrisinin kullanımına sunulan, temel olarak protein, lipit ve polisakarit kaynaklı ana bileşenlerin; gliserol, sorbitol, propilen (Garcia ve ark., 1998; Pires ve ark., 2020a, 2020b), polietilen glikol (Suppakul ve ark., 2010) gibi plastikleştiriciler ve asetik asit, sodyum hidroksit, distile su (Ezazi ve ark., 2021) vb. çözücülerle muamele edilerek hazırlanan kaplamaların kullanıldığı çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Protein Bazlı Kaplamalar

Proteinler, her biri 20 aminoasit monomeri içeren belirli dizilere ve moleküler yapıya sahip makromoleküllerdir (Iversen ve ark., 2022). Proteinlerden yapılan yenilebilir kaplamalar, düşük nem bariyeri özelliklerine, yüksek mekanik ve gaz bariyeri kapasitesine sahiptir (Avramescu ve ark., 2020; Kumari ve ark., 2017). Proteinler, sayısız faydalı özellikleri, düşük maliyetleri, yüksek besin değerleri ve katı film oluşturma yetenekleri nedeniyle biyolojik olarak parçalanabilen filmlerde/kaplamalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Kaewprachu ve ark., 2016).

Kabuklu yumurtaların kaplanmasında kullanılan başlıca bitkisel ve hayvansal kaynaklı proteinler; soya proteini (Biladeau & Keener, 2009; Rhim ve ark., 2004; Wardy ve ark., 2010; Xu ve ark., 2017), pirinç proteini (Pires ve ark., 2019; Pires ve ark., 2020a), zein (Caner & Yüceer, 2015; Wong ve ark., 1996), buğday gluteni (Wong ve ark., 1996; Xie ve ark., 2002), peyniraltı suyu proteini (Caner, 2005; Caner & Yüceer, 2015; Davalos-Saucedo, 2018; de Almeida ve ark., 2016; Soares ve ark., 2021; Wardy ve ark., 2010) ve jelatin (Da Oliveira ve ark., 2020; Pissinati ve ark., 2014)'dir.

Proteinler genel olarak termoplastik yapıda olmadıkları için protein bazlı kaplamaların belirli tip ve konsantrasyonlarda plastikleştirici kullanılarak uygun sıcaklık ve pH'da sıvılaştırılması gerekmektedir. Hazırlanan kaplamalarda plastikleştiricilerin yokluğu termal bozunmaya yol açacağından kullanımı zorunludur (Hernandez-Izquierdo & Krochta, 2008).

Lipit Bazlı Kaplamalar

Lipitler, mumlar ve reçineler bir çözütüde çözdürülerek ana bileşen olarak veya protein ve polisakkarit kaplamaların plastikleştiricisi olarak yumurta kalitesinin korunmasında kullanılır. Lipit bazlı kaplamaların, hidrofobik olmaları, iyi sızdırmazlık özellikleri ve uzun süreli depolama sırasında stabil kalmaları nedeniyle yumurtanın ağırlık kaybını geciktirmede ve iç kalitesini korumada etkili olduğu bildirilmiştir. Hidrofobik lipitler, suda çözünmeyen biyolojik moleküllerdir ve lipit kaplamaların hidrofobikliği kırılabilir özellik göstermelerine neden olur. Yumurta kabuğundaki gözenekleri kapatarak CO₂ ve su buharı kaybına karşı iyi bir bariyer oluşturan lipit kaplamaların en büyük dezavantajı zayıf mekanik özellik göstermeleri ve oksidasyon gelişimidir (Hassan ve ark., 2018).

Kabuklu yumurtaların (özellikle yıkanarak temizlenen yumurtaların) mineral yağla muamele edilerek depolanması yumurta sektöründe uzun yıllardır uygulanan ve çok sayıda araştırmaya konu olmuş bir yöntemdir (Biladeau & Keener, 2009; Heath & Owens, 1978; Jirangrat ve ark., 2010; Rutherford & Murray, 1963; Waimaleongora-Ek ve ark., 2009). Bununla birlikte, yumurta kaplamada mineral yağlara alternatif olarak kullanılan bitkisel yağlar arasında yer fıstığı yağı, pamuk tohumu yağı, hindistan cevizi yağı, soya fasulyesi yağı, kanola yağı, mısır yağı, üzüm çekirdeği yağı, keten tohumu yağı, zeytinyağı ve ayçiçeği yağı bulunmaktadır (Obanu & Mpiere, 1984; Ryu ve ark., 2011; Sabrani & Payne, 1978; Wardy ve ark., 2010).

Polisakkarit Bazlı Kaplamalar

Monosakkaritlerin glikozidik bağlarla bağlanmasıyla oluşan polisakkaritler doğal polimer yapıda ve doğada hızla bozunabilen biyomoleküllerdir (Thetsrimuang ve ark., 2011; Xu ve ark., 2019). Nişasta, selüloz, kitosan ve pektin başta olmak üzere yaygın olarak bulunabilmeleri, düşük maliyetli oluşları ve kimyasal olarak da modifiye edilebilme avantajları polisakkaritlerin yumurta kaplamalarında kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu polisakkaritlerden özellikle hayvanlar ve insanlar için temel enerji kaynağı olan nişastanın en önemli dezavantajları kırılabilir olması, yüksek düzeyde higroskopik ve düşük mekanik özellik göstermesidir (Avramescu ve ark., 2020; Luciano ve ark., 2022). Bu nedenle kaplamalarda kullanılacak ham nişastanın yüksek sıcaklık altında plastikleştirici ile muamele edilmesi zorunludur. Kitinin deasetilasyonu ile hazırlanan kitosan ise antimikrobiyal, antifungal ve bakteriyostatik özellikleriyle öne çıkmakta, ancak hazırlama ve muamele sıcaklıkları ile pH düzeyleri gibi kitosan kaplamaların başarısını etkileyen faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir (Hu & Ganzle, 2019; No ve ark., 2002; Xu ve ark., 2018).

Sofralık yumurtaların kaplanmasında yaygın olarak araştırılan ve kullanılan polisakkarit kaynakları nişasta (Eddin, 2017; Eddin & Tahergorabi, 2019; Mota ve ark., 2017; Salman ve ark., 2023), kitosan (Bhale ve ark., 2003; Caner & Cansız, 2007, 2008; Kim ve ark., 2009; No ve ark., 2007; Xu ve ark., 2018), pektin (Da S. Oliveira ve ark., 2020; Davalos-Saucedo ve ark., 2018; De Leo ve ark., 2018; Pellissery ve ark., 2022) ve selüloz (Salman ve ark., 2023; Suppakul ve ark., 2010; Xie ve ark., 2002)'dur.

Sonuç

Yumurta içerdiği biyolojik değeri yüksek besin maddeleri ile insan beslenmesinde, fonksiyonel özellikleri ile gıda endüstrisinde ve sahip olduğu biyoaktif bileşenleri ile tıp, farmakoloji, kimya ve kozmetik sektörlerinde yaygın olarak kullanılan bir gıda maddesidir. Bu kadar geniş kullanım alanına sahip yumurtanın oluşumundan tüketimine-kullanımına kadar geçen süreçte iç ve dış kalitesinin korunması gerekmektedir. Doğrudan tüketicilere sunulan ilk kalite sınıfındaki sofralık yumurtalarda kullanım süresi yumurtanın yumurtlandığı tarihten itibaren 28 (Türkiye ve AB ülkelerinde) veya 45 (Amerika'da) gündür. Dolayısıyla bu süre zarfında yumurtlandığı andaki kalite derecesinden olabildiğince az kayıpla pazara sunulması ve kullanılması için uygun koşullarda depolanması zorunludur.

Araştırmacılar uzun yıllardır sofralık yumurtalarda saklama süresini uzatabilecek yöntemler üzerinde çalışmaktadırlar. Bu yöntemlerden biri yumurtaları fiziksel ve kimyasal değişikliklerden koruyabilecek kaplama uygulamalarıdır. Protein, lipit ve polisakkarit bazlı biyomoleküllerle hazırlanan kaplama materyalleri, su buharı ve CO₂ kaybı ile mikrobiyal kontaminasyona karşı iyi bir bariyer oluşturarak yumurtanın doğal kalite özelliklerinin daha uzun süre korunmasını sağlayabilmektedirler. Ayrıca kabuk mukavemetine de mekanik destek vererek kırık/çatlak oranlarının ve dolayısıyla gıda kaybı ve atık miktarlarının azaltılmasında da etkili olabilmektedirler.

Son yıllarda sağlıklı beslenme, gıda güvenliği ve çevre kirliliği konularında kamuoyunun artan farkındalığı araştırmacıları ve gıda sektörünü yumurtaların uzun süre depolanmasına olanak sağlayan, çok yönlü ve sürdürülebilir alternatif kaplama materyalleri arayışına yöneltmiştir. Protein, lipit ve polisakkarit kaynaklarının balmumu, propolis veya uçucu yağlarla modifiye edilerek biyoaktif kaplamaların oluşturulması, bitkisel sanayi kalıntılarının veya hayvansal yan ürünlerin kullanıldığı kaplama materyalleri ile çalışmalar yapılmaktadır. Bu yeni yaklaşımların çevre ve insan sağlığına uyumları ile üretim maliyeti açısından endüstriyel boyutta uygulanabilirliği değerlendirildiğinde gelecekte bir trend olarak öne çıkabileceği söylenebilir.

Kaynaklar

- Altan, Ö. (2015). Yumurta – Oluşumu, kalitesi ve biyoaktif bileşenleri (1. bsk). Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Anonymous. (2024, Nisan 18). *Statista, Global egg production*. <https://www.statista.com/statistics/263972/egg-production-worldwide-since-1990/>
- Avramescu, S. M., Butean, C., Popa, C. V., Orta, A., Moraru, I., & Temocico, G. (2020). Edible and functionalized films/coatings– Performances and perspectives. *Coatings, 10*, 687, <https://doi.org/10.3390/coatings10070687>

- Bhale, S., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., Farr, A. J., Nadarajah, K., & Meyers, S. P. (2003). Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of Food Science*, 68, 2378–2383, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05776.x>
- Biladeau, A. M., & Keener, K. M. (2009). The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. *Poultry Science*, 88, 1266–1274, <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00295>
- Caner, C. (2005). Whey protein isolate coating and concentration effects on egg shelf life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2143–2148, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2225>
- Caner, C., & Cansız, Ö. (2007). Effectiveness of chitosan-based coating in improving shelf-life of eggs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 227–232, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2698>
- Caner, C., & Cansız, Ö. (2008). Chitosan coating minimises eggshell breakage and improves egg quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 56–61, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2962>
- Caner, C., & Yüceer, M. (2015). Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poultry Science*, 94, 1665–1677, <https://doi.org/10.3382/ps/pev102>
- Da S. Oliveira, G., Dos Santos, V. M., Rodrigues, J. C., & Santana, A. P. (2020). Conservation of the internal quality of eggs using a biodegradable coating. *Poultry Science*, 99(12), 7207–7213, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.057>
- Davalos-Saucedo, C. A., Rossi-Marquez, G., Regalado-Gonzalez, C., Alonzo-Macias, M., & Di Pierro, P. (2018). Application of transglutaminase crosslinked whey protein-pectin coating improves egg quality and minimizes the breakage and porosity of eggshells. *Coatings*, 8(12), 438, <https://doi.org/10.3390/coatings8120438>
- de Almeida, D. S., Schneider, A. F., Yuri, F. M., Machado, B. D., & Gewehr, C. E. (2016). Egg shell treatment methods effect on commercial eggs quality. *Ciencia Rural, Santa Maria*, 46(2), 336–341, <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140904>
- De Leo, R., Quartieri, A., Haghghi, H., Gigliano, S., Bedin, E., & Pulvirenti, A. (2018). Application of pectin-alginate and pectin-alginate-lauroyl arginate ethyl coatings to eliminate *Salmonella enteritidis* cross contamination in egg shells. *Journal of Food Safety*, 38(6), e12567, <https://doi.org/10.1111/jfs.12567>
- Eddin, A. S. (2017). Impact of sweet potato starch-based coating on quality and shelf-life of shell eggs during storage time. (Publication No. 10638797) [Master of Science, North Carolina A&T State University]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Eddin, A. S., & Tahergorabi, R. (2019). Efficacy of sweet potato starch-based coating to improve quality and safety of hen eggs during storage. *Coatings*, 9(3), 205, <https://doi.org/10.3390/coatings9030205>
- Eddin, A. S., Ibrahim, S. A., & Tahergorabi, R. (2019). Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. *Food Chemistry*, 296, 29–39, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.182>
- EFSA & ECDC. (2019, Nisan 10). *European food safety authority and the European centre for disease prevention and control. The European Union one health 2018 zoonoses report*. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5926>
- EFSA. (2014). Scientific opinion on the public health risks of table eggs due to deterioration and development of pathogens. *EFSA Journal*, 12(7), 3782, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3782>
- Ezazi, A., Javadi, A., Jafarizadeh-Malmiri, H., & Mirzaei, H. (2021). Development of a chitosan-propolis extract edible coating formulation based on physico-chemical attributes of hens' eggs: Optimization and characteristics edible coating of egg using chitosan and propolis. *Food Bioscience*, 40, 100894, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100894>
- FAO. (2021, Nisan 10). *Food loss and waste database*. <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en/>
- FAO. (2024, Nisan 10). *Gateway to poultry production and products*. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/en/>
- FDA. (2022, Nisan 10). *Egg safety: What you need to know*. <https://www.fda.gov/media/82227/download>.
- Garcia, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (1998). Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria×ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3758–3767, <https://doi.org/10.1021/jf980014c>
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095–1107, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
- Heath, J. L., & Owens, S. L. (1978). Effects of oiling variables on storage of shell eggs at elevated temperatures. *Poultry Science*, 57, 930–936, <https://doi.org/10.3382/ps.0570930>
- Hernandez-Izquierdo, V. M., & Krochta, J. (2008). Thermoplastic processing of proteins for film formation-A review. *Journal of Food Science*, 73, R30–R39, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00636.x>
- Hu, Z., & Ganzle, M. G. (2019). Challenges and opportunities related to the use of chitosan as a food preservative. *Journal of Applied Microbiology*, 126, 1318–1331, <https://doi.org/10.1111/jam.14131>
- Iversen, L. J. L., Rovina, K., Vonnice, J. M., Matanjun, P., Erna, K. H., Aqilah, N. M. N., Felicia, W. X. L., & Funk, A. A. (2022). The emergence of edible and food-application coatings for food packaging: A review. *Molecules*, 27, 5604, <https://doi.org/10.3390/molecules27175604>
- Jirangrat, W., Torrico, D. D., No, J., No, H.K., & Prinyawiwatkul, W. (2010). Effects of mineral oil coating on internal quality of chicken eggs under refrigerated storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 490–495, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02150.x>
- Kaewprachu, P., Osako, K., Benjakul, S., Tongdeesontorn, W., & Rawdkuen, S. (2016). Biodegradable protein-based films and their properties: A comparative study. *Packaging Technology and Science*, 29, 77–90, <https://doi.org/10.1002/pts.2183>
- Kim, S. H., Youn, D. K., No, H. K., Choi, S. W., & Prinyawiwatkul, W. (2009). Effects of chitosan coating and storage position on quality and shelf life of eggs. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1351–1359, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01964.x>
- Kumari, M., Mahajan, H., Joshi, R., & Gupta, M. (2017). Development and structural characterization of edible films for improving fruit quality. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 42–50, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.02.003>
- Luciano, C. G., Chacon, W. D. C., & Valencia, G. A. (2022). Starch-based coatings for food preservation: A review. *Starch*, 74, 2100279, <https://doi.org/10.1002/star.202100279>
- Meyer, R., & Spencer, J. V. (1973). The effect of various coatings on shell strength and egg quality. *Poultry Science*, 52(6), 703–711.
- Morsy, M. K., Sharoba, A. M., Khalaf, H. H., El-Tanahy, H. H., & Cutter, C. N. (2015). Efficacy of antimicrobial pullulan-based coating to improve internal quality and shelf-life of chicken eggs during storage. *Journal of Food Science*, 80, M1066–M1074, <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12855>
- No, H. K., Meyers, S. P., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2007). Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72(5), R87–R100, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00383.x>
- No, H. K., Park, N. Y., Lee, S. H., & Meyers, S. P. (2002). Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. *International Journal of Food Microbiology*, 74, 65–72, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10314.x>

- Obanu, Z. A., & Mpiერი, A. A. (1984). Efficiency of dietary vegetable oils in preserving the quality of shell eggs under ambient tropical conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35, 1311–1317, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740351207>
- OECD/FAO. (2022, Nisan 10). "OECD-FAO Agricultural Outlook", *OECD Agriculture statistics (database)*. <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>
- Pellissery, A. J., Vinayamohan, P. G., Xue, J., Wang, X., Viju, L. S., Joseph, D., Luo, Y., Donoghue, A. M., & Venkitanarayanan, K. (2022). Efficacy of pectin-based caproic acid, caprylic acid, linalool, and cuminaldehyde coatings in reducing *Salmonella Heidelberg* on chicken eggs. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 874219, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.874219>
- Pires, P. G. S., Pires, P. D. S., Cardinal, K. M., & Bavaresco, C. (2020b). The use of coatings in eggs: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 312–321, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.019>
- Pires, P. G., Bavaresco, C., Leuven, A. F. R., Gomes, B. C. K., de Souza, A. K., Prato, B. S., Kindlein, L., & Andretta, I. (2020a). Plasticizer types affect quality and shelf life of eggs coated with rice protein. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 971–979, <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04130-9>
- Pires, P. G., Machado, G., Franceschi, C., Kindlein, L., & Andretta, I. (2019). Rice protein coating in extending the shelf-life of conventional eggs. *Poultry Science*, 98, 1918–1924, <https://doi.org/10.3382/ps/pey501>
- Pissinati, A., Oba, A., Yamashita, F., da Silva, C. A., Pinheiro, J. W., & Roman, J. M. M. (2014). Internal quality of eggs subjected to different types of coating and stored for 35 days at 25 °C. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(1), 531–540, <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p531>
- Rhim, J. W., Weller, C. L., & Gennadios, A. (2004). Effects of soy protein coating on shell strength and quality of shell eggs. *Food Science and Biotechnology*, 13, 455–459.
- Rutherford, P. P., & Murray, M. W. (1963). The effect of selected polymers upon the albumen quality of eggs after storage for short periods. *Poultry Science*, 42(2), 499–505, <https://doi.org/10.3382/ps.0420499>
- Ryu, K. N., No, H. K., & Prinyawiwatkul, W. (2011). Internal quality and shelf life of eggs coated with oils from different sources. *Journal of Food Science*, 76(5), S325–9, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02177.x>
- Sabrani, M., & Payne, C. G. (1978). Effect of oiling on internal quality of eggs stored at 28 and 12 °C. *British Poultry Science*, 19(5), 567–571, <https://doi.org/10.1080/00071667808416515>
- Salman, K. Q., Mohammed, M. R., & Al-Shadeedi, S. M. J. (2023). Effect of some natural coating of table egg on shelf life during refrigerator storage. *Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation*, 11(2), 103–113.
- Soares, R. A., Borges, S. V., Dias, M. D., Piccoli, R. H., Fassani, E.J., & Silva, E. M. C. (2021). Impact of whey protein isolate/sodium montmorillonite/sodium metabisulfite coating on the shelf life of fresh eggs during storage. *Food Science and Technology*, 139, 110611, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110611>
- Suppakul, P., Jutakorn, K., & Bangchokedee, Y. (2010). Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs. *Journal of Food Engineering*, 98, 207–213, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.12.027>
- Thetsrimuang, C., Khammuang, S., Chiablaem, K., Srisomsap, C., & Sarnthima, R. (2011). Antioxidant properties and cytotoxicity of crude polysaccharides from *Lentinus polychrous* Lev. *Journal of Food Chemistry*, 128, 634–639, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.077>
- Waimaleongora-Ek, P., Garcia, K., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., & Ingram, D. (2009). Selected quality and shelf-life of eggs coated with mineral oil with different viscosities. *Journal of Food Science*, 74, 423–429, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01341.x>
- Wardy, W., Torrico, D. D., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., & Saalia, F. K. (2010). Edible coating affects physico-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 2659–2668, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02447.x>
- WHO. (2022, Nisan 10). *Food safety*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Wong, Y. C., Herald, T. J., & Hachmeister, K. A. (1996). Evaluation of mechanical and barrier properties of protein coatings on shell eggs. *Poultry Science*, 75, 417–422, <https://doi.org/10.3382/ps.0750417>
- Xie, L., Hettiarachchy, N. S., Ju, Z. Y., Meullenet, J., Wang, H., Slavik, M. F., & Janes, M. E. (2002). Edible film coating to minimize eggshell breakage and reduce post-wash bacterial contamination measured by dye penetration in eggs. *Food Science*, 67(1), 280–284, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11398.x>
- Xu, D., Wang, J., Ren, D., & Wu, X. (2018). Effects of chitosan coating structure and changes during storage on their egg preservation performance. *Coatings*, 8(9), 317, <https://doi.org/10.3390/coatings8090317>
- Xu, L., Zhang, H., Lv, X., Chi, Y., Wu, Y., & Shao, H. (2017). Internal quality of coated eggs with soy protein isolate and montmorillonite: Effects of storage conditions. *International Journal of Food Properties*, 20(8), 1921–1934, <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1224896>
- Xu, Y., Wu, Y., Sun, P., Zhang, F., Linhardt, R. J., & Zhang, A. (2019). Chemically modified polysaccharides: Synthesis, characterization, structure activity relationships of action. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, 970–977, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.213>



Intelligent Approaches in Livestock Farming: Using Deep Learning Models

Berkant İsmail Yıldız^{1,a,*}

¹Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 07058, Konyaaltı, Antalya, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 13.05.2024 Accepted : 06.07.2024</p> <p>Keywords: Machine Learning Deep Learning Artificial Neural Networks, Intelligent Agriculture, Livestock</p>	<p>Traditional animal production methods are struggling to cope with increasing population and inadequate resources. Machine learning, which has emerged as a solution to these challenges in animal production, offers various advantages in productivity, health monitoring, and breeding areas in the livestock sector. Machine learning in animal husbandry not only optimizes farm management with its significant advantages but also provides farmers with a powerful tool to achieve sustainability goals. The integration of these technological developments into the livestock sector represents a significant step towards a smarter, more efficient, and sustainable livestock practice in the future. In summary, this review provides a comprehensive exploration of the tangible benefits and innovative opportunities brought to farm animal management by machine learning methods such as deep learning and artificial neural networks. It contributes to the ongoing debate on agricultural sustainability and productivity with insights into advanced health monitoring, optimized feeding practices, and strategic breeding management.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1959-1967, 2024

Hayvancılıkta Akıllı Yaklaşımlar: Derin Öğrenme Modellerinin Kullanımı

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makalesi</i></p> <p>Geliş : 13.05.2024 Kabul : 06.07.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi Derin Öğrenme Yapay Sinir Ağları Akıllı Tarım Çiftlik Hayvanları</p>	<p>Geleneksel olarak kullanılan hayvansal üretim yöntemleri, artan nüfus ve yetersiz kaynaklar ile başa çıkmakta zorlanmaktadır. Hayvansal üretimde karşılaşılan bu zorluklara çözüm olarak ortaya çıkan makine öğrenmesi, hayvancılık sektöründe verimlilik, sağlık izleme ve ıslah alanlarında önemli gelişmeler sağlayarak çeşitli avantajlar sunmaktadır. Hayvancılıkta makine öğrenimi, önemli avantajlarıyla sadece çiftlik yönetimini optimize etmekle kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada çiftçilere güçlü bir araç sağlamaktadır. Bu teknolojik gelişmelerin hayvancılık sektörüne entegrasyonu, gelecekte daha akıllı, verimli ve sürdürülebilir bir hayvancılık pratiğine doğru önemli bir adımı temsil etmektedir. Özetle, bu derleme, derin öğrenme ve yapay sinir ağları gibi makine öğrenmesi yöntemlerinin çiftlik hayvanları yönetimine getirdiği somut faydaları ve yenilikçi olanakları içeren kapsamlı bir keşif sunmaktadır. Gelişmiş sağlık izleme, optimize edilmiş besleme uygulamaları ve stratejik üreme yönetimi konularındaki içgörülerini ile tarımsal sürdürülebilirlik ve üretkenlik konusundaki devam eden tartışmaya katkıda bulunur.</p>

^a berkant yıldız@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8965-6361>



Giriş

Hayvancılık, esas olarak çiftlik hayvanlarının yetiştirilmesi, yönetilmesi ve besleme uygulamaları ile ilgilenen tarım alanı olarak değerlendirilmektedir. Yıllar önce insanoğlu, hayvanları kendi çıkarları doğrultusunda evcilleştirmiştir. Evcilleştirme sürecinden günümüze kadar, hayvansal üretimde alınan yönetsel kararlar sezgisel bilgi birikimine dayanmaktadır. Fakat teknolojinin gelişmesi ile hayvansal üretimde reform sayılabilecek kararlar alınmaya başlanmıştır. Artık birçok çiftçi, hayvansal üretim ve ortak kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanma konusunda ortak bir görüşte bir araya gelmektedir. Daha iyi hayvan refahıyla birlikte gelişmiş hayvan üretimine olan ilgileri, onları çeşitli ileri teknolojilere ulaşmaya zorlamaktadır (Bao & Xie, 2022).

Et ve hayvansal ürünlere yönelik artan küresel talebi karşılamak için çiftçilerin önümüzdeki 50 yıl içinde üretimi %70 oranında artırması gerekmektedir (Rojas-Downing ve ark., 2017). Arazi ve diğer doğal kaynakların sınırlı olmasından dolayı, artan talebi karşılamak için birim alanda daha fazla hayvan yetiştirmenin daha verimli yollarının bulunması gerekmektedir (Neethirajan, 2020). Bu bağlamda, geleneksel yöntemlerin artık talebi karşılamak için yeterli olmadığı ve daha etkili yöntemlere ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra hayvancılıkta verimi arttırabilmenin en önemli koşullarından biri işletmedeki her bir hayvanın bireysel olarak takibini sağlamaktır, ancak bu durumun uygulanabilirliği oldukça zordur. Farklı alanlardaki teknolojik gelişmeler sayesinde hayvansal üretim yapan işletmelerdeki bireysel takip oldukça kolay hale gelmektedir. Hayvancılık alanında; nesnelerin interneti, biyosensörler için mobil uygulamaların gelişmesi ve yayılması, bireysel rasyon hazırlanması, hastalık takibi, ıslah programlarının yürütülmesi gibi unsurlar "Tarım 4.0" olarak adlandırılmaktadır. Downing Yapay zekâ tabanlı gelişmeler sayesinde birçok çiftçi hayvansal üretimde yüksek performans elde edebilmektedir (Alves ve ark., 2020).

1935 yılında Alan Turing tarafından öğrenen ve yapay zekaya dönüşebilen makine kavramı ortaya atıldı. Makine öğrenimi, insanların öğrenme süreçlerini taklit ederek zaman içerisinde geliştirilen algoritmalar yardımıyla doğruluğunu arttıran bir yapay zekâ olarak tanımlanmaktadır. Bir başka terim olan "derin öğrenme", 1986 yılında Rina Dechter tarafından bilgisayar tabanlı araştırmacılara tanıtılmıştır. Derin öğrenme; beynin yapısından ve işlevinden ilham alan, yapay sinir ağları algoritmalarını kullanarak işlemlerini gerçekleştirebilen, kendi kendine öğrenen, makine öğrenimi alt dalıdır (Parrish, 2018). Makine öğrenimi ile derin öğrenme terimleri bazen birbirinin yerine kullanılabilir ancak her ikisinin de farklı işleyişi ve metodolojisi bulunmaktadır. Temel makine öğrenimi modelleri genel olarak performansını arttırmak için rehberliğe ihtiyaç duyar fakat derin öğrenme modeli ile algoritma kendi sinir ağı sayesinde tahminin doğruluğunu belirleyebilmektedir (Khanikar ve ark., 2022). Bu bağlamda, çeşitli endüstriyel ve bilimsel uygulamalarda başarıyla kullanılan derin öğrenme yaklaşımı, akıllı hayvancılık tekniklerine yönelik ana akım yaklaşımlarda yerini almıştır. Mevcut sonuçlar, bu yöntemin klasik makine öğrenmesi modellerine kıyasla

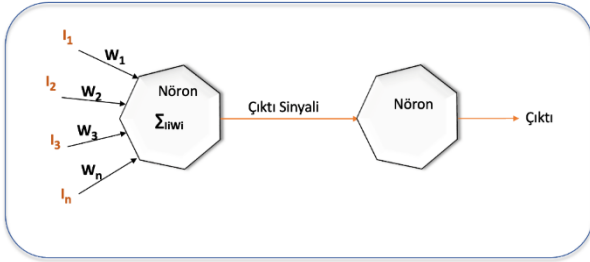
daha fazla avantaja sahip olduğunu göstermektedir. Günümüzde çiftlik hayvanları çalışmalarında; tek nükleotid polimorfizmleri (SNP'ler), metabolik yollar, protein etkileşim ağları, gen ekspresyonu ve protein yapısı bilgilerinden oluşan büyük bir genomik veri akışı bulunmaktadır. Derin öğrenme modelleri, bu büyük veri akışının uygun bir şekilde ele alınmasında, genetik tahminlerin güvenilirliğini artırmak ve fenotip biyolojisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamak için kullanılabilir (Nayeri ve ark., 2019).

Yapay Sinir Ağları (YSA)

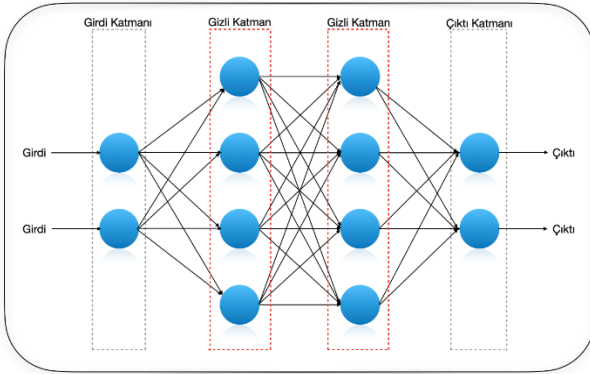
Yapay sinir ağları, gelişmiş biyolojik organizmalardaki sinir sistemi prensibine benzer çalışmaktadır. Organizmaların sinir sistemlerinde temel birim nörondur. Biyolojik nöronlar, dendrit, soma (hücre gövdesi) ve akson olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır. Nöronlar birbirlerine akson ve dendrit aracılığı ile bağlanmaktadır; bu bağlantı noktalarına ise sinaps adı verilmektedir. Dendritler, diğer birçok sinaptik öncesi nörondan veya dış ortamdan alınan sinyalleri somaya ulaştırmaktadır. Soma'ya aktarılan tüm sinyaller işlenerek bu sinyallere karşılık bir aktivasyon potansiyeli üretilmektedir. Üretilen bu aktivasyon potansiyeli, akson boyunca impulsu tetikleyip tetiklemeyeceğini belirlemektedir (da Silva ve ark., 2016). Bu aktivasyon potansiyeli, nöronun etkiye geçmesi için gerekli eşik üzerindeyse bir elektrik impulsu üretilmekte ve yayılmaktadır. İmpuls, aksonun sonuna ulaştığında sinir sistemindeki iletiyi sağlayan kimyasallar olan nörotransmitterler sinapslara salınmakta ve bu ileti süreci sonraki sinyallere doğru devam etmektedir. Bu elektriksel ve kimyasal reaksiyonlar zinciri, gelişmiş organizmaların öğrenme sürecini mümkün kılmaktadır (Hodgkin ve Huxley, 1952). Gelişmiş biyolojik canlıların sinir sistemini oluşturan bu reaksiyonlar bütünü referans alan yapay sinir ağlarının temel birimi olan yapay nöronlar ise ilk olarak 1943 yılında nörofizyolog Warren McCulloch ve matematikçi Walter Pitts tarafından geliştirilmiştir. Yapay nöronlar, biyolojik nöronları temel olarak yapay sinir ağlarını oluşturmak için programlanmış bir fonksiyondur (Kubat, 2020).

Şekil 1' de gösterildiği üzere, yapay bir nöronun pozitif ve negatif değerlere sahip W1, W2, W3, Wn ağırlıkları ve nörona bağlanan I1, I2, I3, In giriş sinyalleri bulunmaktadır. Nöronun sinyal ağırlıkları, yapay sinir ağına sunulan eğitim setlerine göre değişen, ayarlanabilir parametreler olup, giriş sinyallerinin gücünü de belirlemektedir. Postsinaptik nörondaki belirli bir sinapsın etkisi, IiWi ile verilmektedir ve bu kombinasyonun toplamı ($\sum I_i W_i$), nöronun eşik değeri ile karşılaştırılarak, nöronun tetiklenip tetiklenmeyeceği tespit edilmektedir. İşlenen bu girdi, çıktıya dönüştürülerek bir sonraki nörona iletilmektedir. Hayvancılık sektöründe oldukça yaygın olan çok katmanlı sinir ağları, birden fazla hesaplama katmanını içermektedir. Şekil 2' de gösterildiği üzere, yapay sinir ağını oluşturan 3 ayrı bölüm bulunmaktadır. Yapay sinir ağında öğrenme süreci, ağı parametrelerinin ağırlıkları (Wij) ve sapmaları (bj) ile başlamaktadır. Daha sonra, nöronlar bir dizi girdi verisi örneği olarak, tahminlerini elde etmek için bunları ağı üzerinden

geçirmektedir. YSA, bu tahminleri karşılaştırmakta ve oluşan kaybı hesaplamaktadır. Hesaplanan kayıp giriş katmanındaki her bir parametreye dağıtmak için geri yayılım (bilginin geri yönlü akışı) fonksiyonunu gerçekleştirmektedir. Sinyal ağırlıkları, girdi parametrelerinin toplam kaybını en aza indirecek şekilde güncellemek için bu yeni oluşturulan bilgiyi uygulamaktadır. YSA, modelin iyi olduğunu kabul edene kadar önceki adımları tekrarlamaya devam etmekte ve bu sayede yapay sinir ağları doğruluk elde etmektedir (Krogh, 2008).



Şekil 1. Yapay nöronun yapısı
Figure 1. Structure of the artificial neuron



Şekil 2. Yapay sinir ağının yapısı
Figure 2. Structure of the artificial neural network

Toplama Fonksiyonu

Bir yapay sinir ağında, gelen girdilerin çarpımlarının toplamı sonucu elde edilen net girdi değerinin hesaplanması, toplama fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Bazı durumlarda, YSA'ya gelen girdilerin değeri dikkate alınırken, bazı durumlarda ise gelen girdilerin sayısı önemli olabilmektedir. Bir problemde sonuç elde edilmeye çalışırken, tek tip bir toplama fonksiyonu bulunmamaktadır. Her problemin kendine uygun toplama fonksiyonu, deneme yanılma yolu ile tespit edilmektedir (Richert, 2013). Toplama fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\sum_{i=1}^n (wijxi + bj)$$

wij : i indeksi ile belirtilen girdinin ağırlığı, xi : i indeksi ile belirtilen giriş, bj : j indeksi ile belirtilen nöronun bias değeri

Toplam fonksiyonu kullanılarak elde edilen değer, lineer veya lineer olmayan türevlenebilir bir aktivasyon

fonksiyonundan geçirilen işlem elemanının çıktısı, aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir (Yavuz & Deveci, 2012):

$$y = f(zi) = f\left(\sum_{i=1}^n (wij xi + bj)\right)$$

y : Çıkış değeri veya çıkış değişkeni, $f(zi)$: Aktivasyon fonksiyonunun zi girişine uygulanmasıyla elde edilen çıkış değeri, zi : Giriş değerlerinin ağırlıklı toplamı

Aktivasyon fonksiyonu, nöron davranışını belirleyen en önemli etmenlerden biridir. YSA' da nöronun çıkış değeri, istenilen değerler arasına sınırlanmaktadır. Genel olarak bu değerler (0, 1) veya (-1, 1) değerlerinden oluşmaktadır (Sağıroğlu ve ark., 2003). Aktivasyon fonksiyonu, nörona gelen net girdinin işlenerek nöronun bu girdiye karşılık üreteceği net çıktıyı belirlemektedir. Aktivasyon fonksiyonu için genellikle lineer olmayan bir fonksiyon kullanılmaktadır ve yaygın olarak tercih edilen fonksiyonlar ise; doğrusal (lineer), sigmoid, bipolar sigmoid ve hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonlarıdır. Toplam fonksiyonundan çıkan sonuç, belirli bir katsayı ile çarpılarak hücrenin çıktısını oluşturmaktadır. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu ise sürekli ve türevi alınabilir bir fonksiyon olup, girdi değerlerinin her biri için "0" ile "1" değeri arasında bir değer üretmekte olup aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Çayıroğlu, 2015):

$$F(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}}$$

$F(Net)$: Aktivasyon fonksiyonunun Net girişine uygulanmış hali, e : Euler sayısı, Net : Girişin ağırlıklı toplamı

Bipolar Sigmoid aktivasyon fonksiyonu, önem sırasına göre kademeli bir ağ yapısı oluşturmak için geliştirilmiştir. Fonksiyonun sağladığı etkileştirme işlevi ağırlıklarının -1 ve +1 aralığında tutmaktadır ve hatayı en aza indirmek için tasarlanmıştır. Bu fonksiyon aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Kaur & Gupta, 2020):

$$F(Net) = \frac{1 - e^{-2Net}}{1 + e^{-2Net}}$$

$F(Net)$: Aktivasyon fonksiyonunun Net girişine uygulanmış hali, e : Euler sayısı, Net : Girişin ağırlıklı toplamı

Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu da sigmoid fonksiyonuna oldukça benzer yapıdadır ancak hiperbolik tanjant fonksiyonunda çıkış değerleri -1 ile +1 değerleri aralığında olmaktadır (Çayıroğlu, 2015). Aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Öztemel, 2012; Alp & Öz, 2019):

$$F(Net) = \frac{e^{Net} - e^{-Net}}{e^{Net} + e^{-Net}}$$

$F(Net)$: Aktivasyon fonksiyonunun Net girişine uygulanmış hali, e : Euler sayısı, Net : Girişin ağırlıklı toplamı

Geri Yayılım Algoritması

Yapay sinir ağlarında, önemli problemler geri yayılım algoritmaları ile çözülmektedir. Geri yayılım ağında, gizli katmandaki ve çıktı katmanındaki hataların geriye yayılması ile belirlenmektedir. Geri yayılım algoritmalarında, sigmoidal transfer fonksiyonu yardımı ile doğrusallıktan ayrı birden fazla çıktı birimi kullanılabilir. Çıktı birimleri ise -1 ila +1 aralığında reel sayılar üretebilmektedir (Kröse & Smagt, 1996). Aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\Delta w_{ij} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}$$

Δw_{ij} : Ağırlık güncellemesi, η : Öğrenme hızı (learning rate), $\frac{\partial E}{\partial w_{ij}}$: Hata fonksiyonunun w_{ij} ağırlığına göre kısmi türevi

Algoritma Uygunluk Kriterleri

Yapay sinir ağı algoritma performansı genellikle, Hata Kareler Ortalaması (MSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) ile tespit edilmektedir. MSE ve MAE aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Gültekin & Doğan, 2023):

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |\epsilon_i|}{n}$$

n : Veri noktalarının toplam sayısı, Y_i : Gerçek değerlerin i indeksi ile belirtilen elemanı, \hat{Y}_i : Tahmin edilen değerlerin i indeksi ile belirtilen elemanı, ϵ_i : Hata terimi, i indeksi ile belirtilen elemanı

Hayvancılıkta Derin Öğrenme Modellerinin Kullanımı

Hayvansal üretimde derin öğrenme yöntemleri, son yıllarda endüstride reform niteliğinde bir etkiye sahip olmuştur. Bu teknikler, hayvan davranışlarını izlemek, hastalıkları teşhis etmek, verimliliği artırmak ve genel olarak üretim süreçlerini optimize etmek için kullanılmaktadır. Özellikle, derin öğrenme algoritmaları, büyük veri setlerinden öğrenerek karmaşık ilişkileri belirleyebilecek ve geniş ölçekte hayvancılıkta kullanılabilir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, arıcılık sektöründe derin öğrenme tekniklerinin benimsenmesi, arı kolonilerinin sağlığını izlemek ve yönetmek için yeni olanaklar sunmaktadır. Dünya genelinde bal arısı popülasyonunun azalması, koloni gücünün değerlendirilmesini ve sürdürülebilir arıcılığın önemini giderek artırmaktadır (Alves ve ark., 2020). Kovan içerisindeki larva ve gıda rezervleri ile ilgili yapılan zaman içerisindeki tespitler, araştırmacılara koloni dinamiklerini modelleme ve arıların için koloni gücü hakkında bilgi sağlamakta; ayrıca, bal veriminin bir göstergesi olarak da hizmet etmektedir. Kovan içerisindeki hücreleri manuel olarak saymak, yoğun işgücü gerektirmekte ve hata payının artmasına sebep olmaktadır. Bu durumdan kaynaklı olarak, Alves ve ark. (2020) yapmış olduğu bir çalışmada, DeepBee© adını verdikleri kovan

görüntülerini otomatik olarak tespit edebilen ve yumurta, larva, kapalı larva, polen, nektar, bal ve hücrelerdeki diğer içerikleri ayırt edebilen yapay zekâ tabanlı bir uygulama geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu uygulama, Circle Hough dönüşümü ve anlamsal bölütleme tekniğini kullanarak, literatürde yayınlanmış en iyi sonuçtan (%16,2) daha iyi bir sonuç ile (%98,7) hücre tespit edilmiştir. Geliştirilen bu uygulama ile kovan sağlığının daha iyi tespit edilmesi sağlanmıştır. Arılarda yapılan diğer bir çalışmada ise Berkaya ve ark. (2021), bal arılarının polen toplama verimliliği ile ilgili davranışsal araştırmalara odaklanmıştır. Polen toplama verimliliği, bal arıları üzerinde davranışsal araştırmalar için önemli konuların başında yer almaktadır. Arı kovanlarının polen üretimi, polen tuzaklarından toplanan polenlerin manuel olarak tartılması ile ölçülebilmektedir. Uzun vadede bakıldığında, yapılan bu işlem hem verimsiz hem de iş gücü açısından zahmetli olmaktadır. Bu konuda yapılan bir çalışmada, sabit bir görüntüleme sistemi aracılığı ile polen toplama davranışını ve çevre koşullarını otomatik olarak tespit edebilen bir sistem geliştirilmiştir. Bu çalışmada, arı kovanına kurulan bir kamera yardımıyla, nesne izleme algoritması tarafından desteklenen gerçek zamanlı nesne algılama ve derin öğrenmeye dayalı sınıflandırma modeli, bal arılarını polenli ve polensiz sınıfa ayırmak için eğitilmiştir. Arı kovanı girişinde kaydedilen bal arısı giriş ve çıkış trafiğine dayanarak, hava koşullarının bal arısı besin arama davranışı üzerindeki etkilerini incelemek için çeşitli endeksler türetilmiştir. Bu endeksler polen toplama davranışını iyi yansıtmakta olup, bal arısı kolonilerinin durumuna ilişkin daha nicelikli bilgi sağlamaktadır. Yapılan bu çalışmada, günlük polen toplama gezi oranı %24,5 ± 3,5 olarak hesaplandı ve bu oran %17,5 ila %32,5 arasında değişim göstermiştir. Yapılan bu çalışmada ortalama olarak tek bir arı kovanı günde yaklaşık olarak %49,1 ± 11,0 g polen toplandığı bildirilmiştir. Deneysel sonuçlar ve analizler, sıcaklığın, bağıl nemin, ışık yoğunluğunun, yağışın ve rüzgâr hızının polen gezinim sayılarını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır. Şiddetli yağmur ve hafif esinti koşullarında polen toplama faaliyetlerinde önemli bir azalma gözlemlenmiştir. Sonuç olarak önerilen bu sistem işlevsellik ve doğruluk açısından diğer mevcut polen toplama davranışı izleme sistemlerinden daha iyi performans göstermiştir. Arılarda kovan içi huzur ve refahın artması, üretim performansını doğrudan etkileyen bir konu olduğundan, yapay zekâ tabanlı teknolojilerin hastalık takibi alanında kullanımı da giderek artmaktadır. Arıcılıkta önemli sorunların başında gelen koloni çöküş bozukluğunun birincil sebebi olarak Varroa akarı görülmektedir. Voudiotis ve ark. (2022), Varroa istilasının erken tespit süreci için derin öğrenme algoritmasıyla desteklenen sabit bir kamera modülü kullanmışlardır. Bu düzenek, akarı taşıyan kuluçka çerçeveleri içindeki arıları gerçek zamanlı olarak tespit etmeyi amaçlamıştır. Önerilen derin öğrenme algoritması, arıyı tespit etmek için bir derin öğrenme ağını ve daha önce tespit edilen nesnelere akarı tanımlamak için bir görüntü işleme adımı kullanmıştır. Araştırmacılar, Varroa akarı tespit sürecini ve gerçek Varroa vakalarında tespit algoritmalarının doğruluğunun ve kesinliğinin sırasıyla %77 ve %86 olarak değerlendirilmesini sağlamışlardır. Yapılan çalışmada araştırmacılar, kullanılan algoritmanın Varroa vakalarında değerlendirilmesi gerektiğini

savunmuşlardır. Arılar, dünyada sürdürülebilirliği sağlayan etkenlerin en başında gelmektedir. Bundan dolayı, araştırmacıların arıların birbirleri ile olan etkileşimlerini anlamak oldukça önemli bir yer teşkil etmektedir. Arılar, hacim olarak küçük beyinleri olmasına rağmen zengin bir davranış repertuarına sahip olmalarının yanı sıra bireyler arasında önemli farklılıklar göstermektedirler. Sosyal arılarda bu değişkenlik, karmaşık sosyal organizmalarını sürdüren iş bölümünün anahtarı olmakla birlikte gelişim ve besin arama deneyiminin bir sonucu olarak belirli beyin alanlarının olgunlaşmasıyla bağlantılıdır. Bu durum, arıları böceklerin bilişsel işlevlerini ve bunların altında yatan sinir mekanizmalarını anlamak için ideal bir model haline getirmektedir. Karşılaştırmalı verilerin azlığı nedeni ile beyin nöromimarisi ve davranışsal değişkenlik arasındaki ilişki belirsizliğini korumaktadır. Bu soruna çözüm olması açısından Lösel ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, 187 bal arısı ve yaban arısı beyninden alınan 3 boyutlu görüntü verilerinin otomatik analizini gerçekleştirmek için mikro bilgisayar tomografisi (mikro-BT) ve derin öğrenme kullanılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, toplam beyin boyutunda, koloni ve türler arasında tutarlı olan sonuçların yanı sıra sosyal organizasyonların merkezinde yer alan davranışsal değişkenliği destekleyebilecek bireyler arası güçlü farklılıklar ortaya konmuştur. Bu duruma ek olarak, yaban arısı veri setinden elde edilen bilgilere dayanarak optik ve anten beyin loplarda önemli düzeyde lateralizasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum yaban arılarının görsel ve koku alma öğrenmesindeki farklılıkları destekler nitelik taşımaktadır. Yapılan bu araştırma sayesinde, bilinen davranışlarla ilişkili olan ve daha önce tanımlanmamış anatomik özellikler tanımlanarak, arıların besin arama ve tozlaşmada yanal davranışlara dair kanıtları desteklemektedir. Bal arıları, en önemli tozlayıcı olmasından kaynaklı olarak doğal ekosisteme önemli katkılarda bulunmaktadır. Bir kovadaki binlerce arının birbiriyle iletişim kurmasının sayısız yolu bulunmaktadır. Polen, su ve nektar toplamak için kovana dışına çıkan tarlacı arılar, kovana döndüklerinde diğer arılara nektarın yerini bildirmek için farklı ve alışılmamış olan çeşitli dans figürleri sergilemektedir (sallantı ve çember dansı gibi). Dolayısıyla, bireysel yörengelerin ve sosyal etkileşimlerin ekolojik bir çalışma için değerli bilgiler sağlayabilmektedir. Bal arısı davranışı incelemek için güvenilirliği tartışma konusu olan çalışmalardan kaynaklanan zorlukların arasında karmaşıklık, arka plan sahnelerinin çeşitliliği, bireysel arı hareketlerinin dinamikliği ve arılar arasındaki benzerlik yer almaktadır. Bal arısı davranışını incelemek ve daha güvenilir sonuçlar elde etmek amacıyla, derin öğrenme algoritmaları ve Kalman filtresi kullanılarak bir arı kovası ortamındaki arıların bireysel takibini amaçlayan bir çalışma yapılmıştır. Kongsilp ve ark. (2024) yapmış oldukları çalışmada, birden fazla arının tespit edilmesi için ResNet-101 sinir ağına sahip Mask R-CNN kullanmıştır. Daha sonra Kalman filtresi, her bir arının gövdesini bir dizi görüntü karesi boyunca takip ederek, birden fazla arıyı takip etmek için kullanmıştır. Çalışma sonucunda, bal arısının bireysel ve sosyal iletişimi için kullandığı dans figürlerinin doğru bir şekilde tespiti sağlanmıştır. Bu durumdan yola çıkarak, derin öğrenme algoritmalarının arıcılık sektöründe

karmaşık olan alanlarda elde edilecek sonucun tespitinde ve güvenilirliğinde daha iyi neticeler verdiğini gösterir niteliktedir.

İnsan beslenmesinde hayvansal proteinin büyük ölçekte karşılandığı alanlardan biri olan beyaz etin büyük çoğunluğu tavuklardan karşılanmaktadır. Tavuk yetiştiriciliği, gıda endüstrisinde önemli bir rol oynayan ve dünya genelinde yaygın olarak yapılan bir faaliyettir. Günümüzde, tavuk yetiştiriciliği endüstrisi giderek daha karmaşık hale gelmekte ve verimliliği artırmak, hastalıkları teşhis etmek, refahı izlemek ve tesis yönetimini optimize etmek gibi birçok zorluğa maruz kalmaktadır (Dac ve ark., 2022). Bu zorlukların üstesinden gelmek için, derin öğrenme gibi yapay zekâ teknolojileri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Derin öğrenme, büyük veri kümelerinden öğrenme yeteneğiyle bilinen yapay sinir ağları temelli bir öğrenme yaklaşımıdır (goodfellow ve ark., 2016). Tavuk yetiştiriciliği alanında, derin öğrenme yöntemleri, nesne tanıma, hastalık teşhisi, davranış izleme ve üretim süreçlerinin otomatikleştirilmesi gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Örneğin, tavuk çiftliklerindeki kameralar aracılığıyla elde edilen görüntüler, derin öğrenme algoritmaları tarafından analiz edilerek tavukların sağlık durumu ve davranışları hakkında değerli bilgiler elde edilebilmektedir. Bunun yanı sıra, derin öğrenme modelleri, tavuk hastalıklarını teşhis etmek için klinik semptomları tanıma ve tanı yöntemlerini geliştirme konusunda da potansiyel taşımaktadır. Tavuk yetiştiriciliği alanında derin öğrenme tekniklerinin kullanımı, endüstrinin daha verimli, sürdürülebilir ve hayvan refahını gözeten bir yapıya dönüşmesine katkı sağlayabilecektir. Bölgelere göre değişmekle birlikte, tavuk yetiştiriciliği önemli ekonomik getirilerin başında gelmekte olup önemli bir protein kaynağıdır (Lasekan, 2013). Etlik piliçlerin yetiştirildiği geleneksel bir tavuk çiftliğinde, yetiştiricilerin genellikle piliçlerin sağlığını tespit edebilmek için her gün düzenli periyotlar ile manuel olarak gözlemlenmeleri gerekmektedir. Yetiştiriciler, kümes içerisindeki ölü tavukları tespit ettiklerinde bakteriyel ve viral etmenlerin yayılmasını önlemek için manuel olarak toplamak durumundadırlar. Ancak bazen bu durum yetiştiricilerin gözünden kaçarak hastalık etmenlerinin bütün çiftliğe yayılması ile sonuçlanan durumlar yaşanmaktadır. Bu durumdan kaynaklı yapılan bir çalışmada Liu ve ark. (2021), derin öğrenme tabanlı görüntü işleme algoritmalarından yararlanılarak tasarlanan otomasyon sistemi geliştirmişlerdir. Kameralar ile izlenen kümeslerdeki ölü tavuklar, YOLOv4 algoritmasına dayalı derin öğrenme yoluyla tespit edilerek mekanik sisteme verilen emir ile süpürülerek toplanmaktadır. Çalışmada tasarlanan bu sistemin hassasiyeti %95,24 olarak tespit edilmiştir. Tasarlanan bu sistem, kümes içerisindeki ölü tavuklarının tespit edilip uzaklaştırılmasının yanı sıra ölü hayvan ile insan arasındaki teması azaltarak muhtemel hastalıklarında önüne geçen bir sistem olmuştur. Bu durumdan dolayı hayvan sağlığının izlenmesi, hayvan refahının ve yaşam alışkanlıklarının toplanmasına olanak tanımakta olup hayvan yetiştiriciliğinde hassasiyeti arttırmaktadır. Bu bilgilerin ışığında yapılan diğer bir çalışmada Guo ve ark. (2022), farklı yaşlardaki tavukların davranışlarını izlemek için derin öğrenmeye dayalı algoritmalar kullanmıştır. Çalışmada, tavukların 2, 9, 16 ve 23. Günlerdeki üstten görünüşleri elde edilmiştir. Her

aşamada, tavukların dört davranışının (beslenme, içme, ayakta durma ve dinlenme) her birine ait 300 görüntü bölümlere ayrılarak toplamda 4800 görüntü elde edilmiştir. Görüntü büyütme işleminden sonra her gün için 8000 eğitim seti, 2000 doğrulama seti ve 200 test seti dahil 10200 görüntü üretilerek farklı evrimsel sinir ağı modellerinin (CNN) tavuk davranışlarının tanımlanmasındaki performansı analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, kullanılan sinir ağı modellerinden DenseNet-264 ağının genel performansının, 2, 9, 16 ve 23 günlük tavuklarda sırasıyla; %88,5, %97, %94,5 ve %90 doğruluk oranlarıyla kullanılan sinir ağları içerisinde en doğru model olduğu tespit edilmiştir. Farklı günlerdeki tavukların davranışlarının tespit edilmesi, tavuk biyolojisi ve psikolojisi hakkında daha çok bilginin elde edilmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca ileride kurulacak modern kümeslerin daha verimli sonuçlar elde etmesine olanak tanıyacağı ön görülmektedir. Hayvanlardaki hastalıkların kümes içerisinde erken teşhis edilmesi, verim kaybını ve oluşabilecek zoonoz riskinin önlenmesi için son derece önemlidir. Bu konu ile ilgili yapılan bir çalışmada Gourisaria ve ark. (2023), “Salmonella”, “Koksidiyoz”, “Sağlıklı” ve “New Castle Hastalığı” kategorik sınıflandırması için çeşitli CNN modelleri uygulamış ve orana göre verimlilik esas alınarak en iyi modeli seçmiştir. Tavuk hastalığı tespiti için toplam 7 CNN modeli ile 5 derin öğrenme algoritması kullanılmıştır. Önerilen ChicNetV6 modeli, toplam 1125 saniyelik eğitim süresi ile 2,8198 verimlilik puanı ve 0,9449 doğruluk puanı elde ederek en iyi sonuçları göstermiştir. Yapılan bu çalışma hayvansal üretimde verimliliği artırarak zoonoz riskinin önlenmesini sağlamaktadır. Nesne tabanlı derin öğrenme yöntemi kullanılarak yapılan başka bir çalışmada ise etlik piliç endüstrisindeki verimliliğin artırılması hedeflenmiştir (Sun ve ark., 2024). Etlik piliç endüstrisinde fenotipin belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Bacak ağırlığı, ıslah kriteri için temel bir gösterge olup, invaziv olmayan test teknolojisi hayvanlara verilen zararı azaltabilmektedir. Sun ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada, bir ağırlık tahmin modeli ve bilgisayarlı tomografi (CT) ekipmanından oluşan bir tavuk bacak ağırlığı tahmin sistemi geliştirilmiştir. Ağırlık tahmin modeli, CT ekipmanı ile canlı tavukların tarama sonuçlarını otomatik olarak işleyebilmekte ve YOLOv5 segmentasyon algoritmasına ve rasgele orman algoritmasına sahiptir. Yapılan çalışma sonucunda 25 tavuğun 50 ayrı bacağı üzerinde yapılan testlerde 7,27 g ortalama mutlak hata ve %4,82 ortalama yüzde hata sergilediği tespit edilmiştir. Etlik piliçlerin bacak ağırlıklarının tahmininde R² tahmini %88,98'e ulaştığı tespit edilmiştir. Kurulan bu sistem, etlik piliç üretimi yapan işletmeler için bölgesel bazlı yapılan üretimin kalitesini arttırdığı gözlemlenmiştir.

Yapay zekâ alanında gelişmeler son yıllarda hayvancılığın yanı sıra veterinerlik bilimlerinde karşılaşılan analitik zorluklara da çözümler sağlamıştır (Cihan ve ark., 2021). Dünya çapında yaklaşık olarak bir milyardan fazla koyun bulunmaktadır (Morris, 2017). Gelişmiş ülkelerdeki sayılarına ve varlıklarına rağmen koyun çiftlikleri, sığırlara kıyasla nispeten geleneksel yaklaşımlarla yönetilmektedir (Morrone ve ark., 2022). Geleneksel yetiştiricilikteki insan gücü, otlatma alanlarının kalitesizliği, yetersiz yetiştirme ve genetik gelişim, yüksek

yem maliyetleri, hayvan sağlığı sorunları ve olumsuz çevresel etkiler gibi doğrudan kaliteyi etkileyen faktörler hayvansal üretimi zorlaştırmaktadır. Bu durumlara ek olarak çoğu geleneksel hayvan çiftliklerinde kayıt tutma sisteminin bulunmaması, hayvan sağlığını, soy bilgisini, etkili sürü yönetimini ve performansın izlemeyi imkânsız hale getirmektedir (Aldridge ve ark., 2019). Bu amaçla koyun yetiştiriciliğinde maliyetleri ve gelirleri optimize ederek karlılığı en üst düzeye çıkarabilmek için hayvan refahının iyileştirilmesi doğrudan yüksek verimle bağlantılı olduğundan, çiftçilerin koyun çiftliklerinde yapay zekâ tabanlı dijitalleşmeyi benimsemeleri teşvik edilerek veriye dayalı çiftçiliğin yapılması çiftlikteki karar verme mekanizmasının daha doğru yürütülmesini sağlamaktadır (Jiménez ve ark., 2019). Koyunları yırtıcı hayvanlardan korumak ve yönetmek için köpeklerin kullanılmasının eski zamanlardan beri oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir (Zingaro ve ark., 2018). Bununla birlikte, bu yaklaşımın özellikle koyunların savunmasız ve sosyal doğasından dolayı, yüksek kortizol seviyeleri ile karakterize edilen kronik stresi tetiklediği gözlemlenmiştir (Terlouw ve ark., 2008). Bu stresin yansımaları, koyunlarda fiziksel yaralanmalardan düşüklere kadar birçok olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Phythian ve ark., 2011). Sonuç olarak çoban köpeklerinin varlığının koyunlar üzerinde sebep olduğu olumsuz etkileri azaltabilmek için alternatif bir sistem olan otonom çobanlık sistemlerinin yapay zekâ ile entegrasyonu sunulmaktadır (Beausoleil ve ark., 2012). Drone'lar bu amaç doğrultusunda araştırılarak, “gökyüzü çobanlığı” olarak adlandırılan kavram ortaya çıkmıştır. Yaxley ve ark. (2021) yapmış olduğu bir çalışmada, çiftlik koyunları arasındaki stresi azaltmak için çoban köpekleri yerine Drone'ları kullanmışlardır. Yapılan çalışmada drone'lar, koyun sürülerinden belirli tepkiler almak için çeşitli işitsel sinyaller verecek şekilde programlanmışlardır. Ek olarak gece oluşabilecek tehlikeleri tespit etmek ve izinsiz giriş durumunda alarm vermek için termal kızılötesi kameralarla donatılmış drone'lar kullanılmıştır (Bondi ve ark., 2019). Kullanılan başka bir biyometrik gözetim sistemi ise koyunlara çobanlık yaparken dış etmenlerden karşı korur, hassas ve kısıtlı alanlara girmelerini engelleyerek değişen çevre koşullarına uyum sağlayabilmektedir (Strömbom & King, 2018). Koyun yetiştiriciliği sektöründe bir diğer olumsuzluk ise hastalıkların tespit edilerek uygun tedavi yöntemlerinin uygulanmasıdır. Bu konuda yapay zekâ destekli yapılan çalışmalar potansiyel sağlık sorunlarının belirlenmesine olanak sağlayarak hızlı bir şekilde gelişmektedir. Örneğin yapılan bir çalışmada, histoloji verilerini değerlendirmek için yapay zekanın uygulanmasına odaklanmış ve yerleşik fare intervertebral disk (IVD) dejenerasyon modelinde dikkate değer bir iyileşme ile sonuçlanmıştır. Bu sistem aynı zamanda koyunlarda dejeneratif IVD değişikliklerinin tespit edilmesi konusunda da ümit vaat etmektedir (Alimi ve ark., 2018). Ek olarak derin öğrenme yaklaşımlarının uygulanmasıyla koyunlarda solunum yolu hastalıklarının erken tespiti mümkün hale gelmiştir (Cowton ve ark., 2018). Ayrıca, yapay zekâ üzerine inşa edilen Digital Twin (DT) teknolojisi, çiftlik hayvanlarının kalp atışlarının analizinde %92 oranında yanıtı ulaşılarak hastalık analizini ve tahminini iyileştirmede önemli bir potansiyel

göstermiştir (Mishra & Sharma, 2023). Yapay zekâ araçlarının klinik mikrobiyoloji ve parazitoloji laboratuvarlarına entegrasyonu, kesin, hassas ve hızlı sonuçlar sağlayabilen umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Bir grup araştırmacı, dijital slayt taramasını yapay zekâ ile birleştirerek, pozitif ve negatif trikrom slaytları ayırt edebilen bir evrimsel sinir ağı (CNN) modeli geliştirmişlerdir ve bu model, manuel incelemeye kıyasla üstün hassasiyet ve doğruluk göstermiştir (Mathison ve ark., 2020). Başka bir çalışmada ise *Schistosoma haematobium* yumurtalarını tespit etmek için otomatik olarak mikroskopik slaytlara odaklanan ve bunları tarayan eğitilmiş bir derin öğrenme sinir ağı modelinden yararlanılmıştır (Oyibo ve ark., 2022). Ulusal ekonomilerin sürdürülebilir kalkınması için temel sektörlerden bir diğeri ise keçi yetiştiriciliğidir. Jiang ve ark. (2020), grup halinde barındırılan keçilerin üstten görünüm videolarından yeme, içme, aktif ve pasif davranışlarını tanımak için derin öğrenme kullanarak etkili bir davranış tanıma yaklaşımı önermişlerdir. İlk olarak, bireysel keçilerin algılanma yaklaşımı, birkaç popüler derin öğrenme yönteminin özelliklerini ve uygunluğunu araştırarak tasarlanmıştır. İkinci olarak, üst görünüm videolarından grup içinde barındırılan keçilerin genel davranış tanıma çerçevesini önermişlerdir. Dört tip keçi davranışı, keçi sınırlayıcı kutuları ile besleme alanları arasındaki mekansal konum ilişkisi analiz edilerek tanınmıştır. Ayrıca, aynı keçinin sınırlayıcı kutu merkezlerinin ardışık kareler arasındaki zaman içindeki hareket miktarı incelenerek tanınmıştır. Deneysel sonuçlar, YOLOv4'ün hem keçi algılama hızı hem de doğruluğu açısından diğer modellere göre daha üstün olduğunu göstermiştir. Yeme, içme, aktif ve pasif davranışlar için sırasıyla %97.87, %98.27, %96.86 ve %96.92 ortalama tanıma doğrulukları, deneysel videolarda, geleneksel bir donanım yapılandırmasında saniyede 17 kare ortalama analiz hızıyla gerçek zamanlı olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla, önerilen yaklaşımın grup içinde barındırılan hayvanların kapsamlı davranış tanımasını otomatik olarak gerçekleştirmenin etkili bir yolunu sunabileceği gösterilmiştir.

İnsansız hava araçları (İHA), çiftliklerin yönetimine her geçen gün daha yardımcı olmaktadır. Derin öğrenmenin özellikle de evrimsel sinir ağlarının (CNN) ortaya çıkışıyla birlikte, hava görüntülerinden ilgili bilgilerin çıkarılması daha etkili hale gelmiştir. Bu bağlamda Barbedo ve ark., (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, 3 araştırma sorusu ortaya çıkarılmıştır: (1) Nelore cinsine (*Bos taurus indicus*) görsel olarak benzeyen Canchim cinsine ait hayvanların tespitinde elde edilecek mümkün olan en yüksek doğruluğu belirlemek; (2) hayvan tespiti için ideal zemin numunesi mesafesini (GSD) belirlemek; (3) bu özel problem için en doğru CNN mimarisini belirlemek. Yapılan deneylerde, 8629 hayvan örneği içeren 1853 görüntüyü içeren 15 farklı CNN mimarisi test edilmiştir. Toplam 900 model eğitilmiştir (15 CNN mimarisi \times 3 uzaysal çözünürlük \times 2 veri seti \times 10 kat çapraz doğrulama). İHA'lar kullanılarak çekilen havadan görüntüler kullanılarak sığırların tespitini etkileyen çeşitli hususların derinlemesine analizi yapılmıştır. Araştırma sonucunda, birçok CNN mimarisinin ideal koşullardan uzak olsa bile hava görüntülerindeki hayvanları güvenilir bir şekilde tespit edebildiğini ortaya koymuştur. Yapılan başka bir çalışmada ise Bezen ve ark. (2020) tarafından, CNN

modelleri ve RGB-D (Kırmızı, Yeşil, Mavi, Derinlik) kamerasına dayalı, sığırların bireysel yem alımı ölçümü için bir bilgisayarlı görme sisteminin tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Süt sığırlarının bireysel yem alımı, ticari süt işletmelerinde şu andan mevcut olmayan önemli bir değişkendir. Çalışmada, 26 saatlik bir süre boyunca yem yiyen sığırların görüntüleri, sığırın tanımlanması için test verilerini sağladı ve sistem sığırların %93,65'ini doğru bir şekilde tanımlamayı başarmıştır. Ögün başına 0-8 kg arasında değişen tüketilen yem miktarı, 0,127 kg ve 0,034 ortalama mutlak ve karesel hatalar (MAE ve MSE) ile ölçülmüştür. Analiz, veri miktarının ve çeşitliliğinin model eğitimi için önemli olduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın sonucu olarak, gelişmiş süt çiftliklerinde bireysel yem alımı ölçümlerinin düşük maliyetli kameraların potansiyelini ortaya koymuştur. Çiftliklerde büyükbaşların izlenebilmesi çok önemli bir konu olmakla birlikte görüntü tabanlı tespit için temassız kameraların yanı sıra kulak etiketleri ve tasmalar gibi giyilebilir cihazların kullanılmasıyla sığır davranışlarının anlaşılmasına büyük katkı sağlamaktadır. Ayrıca, geniş popülasyonlara sahip çiftlik koşullarında birden fazla sığırın kameralarla takip edilmesi, ölçek farklılıkları ve rastgele hareketler nedeniyle önemli zorluklar ortaya çıkmaktadır. Bu problemleri çözebilmek için Han ve ark. (2023) yapmış olduğu bir çalışmada, video kullanarak çoklu sığır takibi için derin öğrenmeye dayalı bir çerçeve önermiştir. Önerilen bu algoritmaya göre, sığır tespiti için YOLOv5 dedektöründen yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda, kullanılan yöntem veri ilişkilendirmede %84,49'luk bir doğruluk elde etmiştir. Bu durum hassas hayvancılık uygulamalarında karşılaşılan zorluklar göz önüne alındığında önemli bir gelişmeyi temsil etmektedir.

Yapay sinir ağlarının hayvanlarda genomik seleksiyon için ilk uygulaması, Okut ve ark. (2011) tarafından farelerde vücut kitle indeksini (VKİ) tahmin etmek için tam bağlantılı ANN'ler kullanılarak tanıtılmıştır (yani, bir giriş, bir gizli ve bir çıkış katmanına (üç katmana) sahip, beslemeli ileri bağlantılı bir YSA). Çalışmada, YSA'nın ilk katmanı, giriş SNP'leri içermektedir. İç katman gizlidir ve önceki katmandan alınan bilgiyi, dönüşümler dizisi olarak adaptif bir şekilde değiştirmektedir ve ardından gizli katmanın çıktısını (çıkış katmanına) giriş olarak geçirmektedir. O zamandan beri, karmaşık özelliklerin genomik seleksiyon için daha karmaşık YSA mimarileri önerilmiştir. Çiftlik hayvanlarında yapılan genomik tahmin nadir çalışmadan bir tanesi, Lee ve ark. (2023) tarafından sığırlarda gerçekleştirilmiştir. Genomik seleksiyon veya genomik tahmin, SNP'ler veya tam genom dizisi gibi gözlemlenen genomik bilgilerden karmaşık özellikleri tahmin etmeye yönelik genetik değeri tahmin etmek için değerli bir araçtır. Lee ve ark. (2023), derin öğrenme ağlarını ve genomik en iyi doğrusal tarafsız tahmin (GBLUP) çerçevesini birleştiren, deepGBLUP adı verilen yeni bir genomik tahmin algoritması geliştirmişlerdir. Önerilen deepGBLUP yöntemi geleneksel GBLUP ve Bayesian yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. DeepGBLUP, Kore yerli sığır verileri ve simüle edilmiş veriler üzerinde yapılan kapsamlı değerlendirmeler sayesinde çeşitli özellikler, marker yoğunlukları, eğitim boyutları, kalıtsallıklar ve QTL etkileri karşısında sürekli olarak üstün performans elde etmiştir. Ayrıca, deepGBLUP'un

çeşitli kalıtım dereceleri ve niceliksel özellik lokusları (QTL) etkileri açısından simüle edilmiş veriler üzerinde önceki yöntemlere kıyasla daha iyi bir performans sergileyebileceğini göstermektedir.

Sonuç

Bu derleme makalesi, çiftlik hayvanlarında derin öğrenme modellerinin kullanımını ele almış ve bu teknolojinin hayvancılık ve veterinerlik sektörlerindeki son gelişmelerini derleyerek genel bir bakış sunmuştur. İncelenen çalışmalar, yapay zekâ tabanlı sistemlerin hayvan refahını artırma, hastalıkların erken teşhisi ve çiftçilere etkili çiftlik yönetimi konusunda önemli faydalar sunduğunu göstermektedir. Derin öğrenme, yönetimin optimize edilmesiyle sadece verimliliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda ürün kalitesinin de artmasına olanak tanımaktadır. Dolayısıyla, tüketicilerin ürünlere olan güvenini artırma potansiyeline sahiptir. Öte yandan, derin öğrenme modellerinin yaygınlaştırılması ve başarıyla uygulanması konusunda; veri setlerinin derlenmesi, personel eğitimi için gereken süre ve yüksek üretim için derin öğrenme uzmanlarının varlığı gibi ele alınması gereken zorluklar mevcuttur. Diğer bir zorluk ise derin öğrenmeyle ilişkili yüksek hesaplama maliyetidir. Yüksek hesaplama maliyeti, kırsal bölgeler gibi sınırlı kaynaklara sahip alanlarda, bu teknolojilerin kullanımını kısıtlayan önemli bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, özellikle büyük veri kümeleri üzerinde çalışırken ve model karmaşıklığı arttıkça ortaya çıkmaktadır. Ek olarak, tarımsal veri setleri sıklıkla eksik veya bozuk veriler içermektedir. Bu durum, veri analitiği ve makine öğrenimi uygulamalarında önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Eksik veya tamamlanmamış verilerin bulunması, model performansını olumsuz etkileyebilmekte ve doğru sonuçlar elde etmeyi zorlaştırabilmektedir. Dolayısıyla, tarım sektöründe kullanılan veri analizi ve yapay zekâ teknikleri, eksik veya bozuk verilerle etkili bir şekilde başa çıkabilecek yöntemleri içermelidir. Bu yöntemler, veri setlerinin kalitesini artırmaya ve doğru kararlar alınmasını sağlamaya yardımcı olabilecektir.

Makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi teknolojilerin hayvancılık sektöründe kullanımı, genel olarak sektördeki gelecek için umut vaat eden bir perspektif sunmaktadır. Bu teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılması, çiftçilere ve endüstri uzmanlarına daha akıllı ve verimli çözümler sunarak tarımsal üretimde önemli bir dönüşümü mümkün kılacaktır. Ancak, bu teknolojilerin yaygınlaştırılması ve çiftliklerde uygulanması için daha fazla araştırmaya ve altyapıya ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Aldridge, M. E., Fearon, J. E., Haynes, B. P., Miller, H. M., Sanford, K. Y., Scott, R. R., ... & Memili, E. (2018). Solutions for grand challenges in goat and Sheep Production. *Biotropia*, 26(1), 55-64. <https://doi.org/10.11598/btb.2019.26.1.944>.
- Alimi, M., Diwan, A. D., Erwin, W. M., Little, C. B., & Melrose, J. (2023). An update on animal models of intervertebral disc degeneration and low back pain: exploring the potential of artificial intelligence to improve research analysis and development of prospective therapeutics. *JOR Spine*, 6(1), e1230. <https://doi.org/10.1002/jsp2.1230>
- Alp, S., & Öz, E. (2019). Makine öğrenmesinde sınıflandırma yöntemleri ve R uygulamaları. *Nobel Akademik Yayıncılık*.
- Alves, T. S., Pinto, M. A., Ventura, P., Neves, C. J., Biron, D. G., Junior, A. C., ... & Rodrigues, P. J. (2020). Automatic detection and classification of honey bee comb cells using deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105244. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105244>
- Bao, J., & Xie, Q. (2022). Artificial intelligence in animal farming: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129956. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129956>
- Barbedo, J. G. A., Koenigkan, L. V., Santos, T. T., & Santos, P. M. (2019). A study on the detection of cattle in UAV images using deep learning. *Sensors*, 19(24), 5436. <https://doi.org/10.3390/s19245436>
- Beausoleil, N. J., Blache, D., Stafford, K. J., Mellor, D. J., & Noble, A. D. (2012). Selection for temperament in sheep: domain-general and context-specific traits. *Applied Animal Behaviour Science*, 139(1-2), 74-85. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.020>
- Berkaya, S. K., Gunal, E. S., & Gunal, S. (2021). Deep learning-based classification models for beehive monitoring. *Ecological Informatics*, 64, 101353. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101353>
- Bezen, R., Edan, Y., & Halachmi, I. (2020). Computer vision system for measuring individual cow feed intake using RGB-D camera and deep learning algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172, 105345. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105345>
- Bondi, E., Oh, H., Xu, H., Fang, F., Dilkina, B., & Tambe, M. (2019). AMAS: Proceedings of the 18th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems, Canada, 2336-2338.
- Cihan, P., Gökçe, E., Atakışi, O., Kırmızıgül, A. H., & Erdoğan, H. M. (2021). Prediction of immunoglobulin G in lambs with artificial intelligence methods. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 27(1), 21-27. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2020.24642>
- Cowton, J., Kyriazakis, I., Plötz, T., & Bacardit, J. (2018). A combined deep learning gru-autoencoder for the early detection of respiratory disease in pigs using multiple environmental sensors. *Sensors*, 18(8), 2521. <https://doi.org/10.3390/s18082521>
- Çayroğlu, İ. (2015). İleri algoritma analizi - Yapay sinir ağlar. [http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf](http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi/IleriAlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf)
- da Silva, I. N., Spatti, D. H., Flauzino, R. A., Liboni, L. H. B., & Alves, S.F.R. (2016). Artificial Neural Networks: A Practical Course. *Springer*.
- Dac, H. H., Gonzalez Viejo, C., Lipovetzky, N., Tongson, E., Dunshea, F. R., & Fuentes, S. (2022). Livestock identification using deep learning for traceability. *Sensors*, 22(21), 8256. <https://doi.org/10.3390/s22218256>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. *MIT press*.
- Gourisaria, M. K., Arora, A., Bilgaiyan, S., & Sahni, M. (2023). Chicken disease multiclass classification using deep learning. *Proceedings of International Conference on Information Technology and Applications*, 614, 225-238. <https://doi.org/10.1049/cmu2.12338>
- Guo, Y., Aggrey, S. E., Wang, P., Oladeinde, A., & Chai, L. (2022). Monitoring behaviors of broiler chickens at different ages with deep learning. *Animals*, 12(23), 3390. <https://doi.org/10.3390/ani12233390>
- Gültekin, N. & Doğan, A. (2023). Makine öğrenimi yöntemleriyle bazaltlarda tek eksenli Sıkışma Dayanımının Değerlendirilmesi ve Performanslarının Karşılaştırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(2), 1059-1074. <https://doi.org/10.29130/dubited.1173624>

- Han, S., Fuentes, A., Yoon, S., Jeong, Y., Kim, H., & Park, D. S. (2023). Deep learning-based multi-cattle tracking in crowded livestock farming using video. *Computers and Electronics in Agriculture*, 212, 108044. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108044>
- Hodgkin, A. L. & Huxley, A. F. (1952). The dual effect of membrane potential on sodium conductance in the giant axon of *Loligo*. *The Journal of Physiology*, 116, 497-506. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1952.sp004719>
- Jiménez, D., Delerce, S., Dorado, H., Cock, J., Muñoz, L. A., Agamez, A., & Jarvis, A. (2019). A scalable scheme to implement data-driven agriculture for small-scale farmers. *Global Food Security*, 23, 256-266. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.08.004>
- Kaur J., & Gupta N. (2020) Bipolar sigmoid algorithm for designing constructive neural network. *International Journal on Emerging Technologies*, 11(2), 991-996.
- Khanikar, D., Phookan, A., & Gogoi, A. (2022, June 23). Artificial Neural Networks: An Introduction and Application in Animal Breeding and Production: A Review. *Agricultural Reviews*. <https://arccjournals.com/journal/agricultural-reviews/R-2421>
- Kongsilp, P., Taetragool, U., & Duangphakdee, O. (2024). Individual honey bee tracking in a beehive environment using deep learning and Kalman filter. *Scientific Reports*, 14(1), 1061. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44718-y>
- Krogh, A. (2008). What are artificial neural networks?. *Nature biotechnology*, 26(2), 195-197. <https://doi.org/10.1038/nbt1386>.
- Kröse B. & Smagt, P. V. D. (1996). An introduction to neural networks. *The University of Amsterdam*.
- Kubat, M. (2021). An Introduction to Machine Learning. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-63913-0>
- Lasekan, A., Bakar, F. A., & Hashim, D. (2013). Potential of chicken by products as sources of useful biological resources. *Waste Management*, 33(3), 552-565. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.08.001>
- Lee, H. J., Lee, J. H., Gondro, C., Koh, Y. J., & Lee, S. H. (2023). deepGBLUP: joint deep learning networks and GBLUP framework for accurate genomic prediction of complex traits in Korean native cattle. *Genetics Selection Evolution*, 55(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00825-y>
- Liu, H. W., Chen, C. H., Tsai, Y. C., Hsieh, K. W., & Lin, H. T. (2021). Identifying images of dead chickens with a chicken removal system integrated with a deep learning algorithm. *Sensors*, 21(11), 3579. <https://doi.org/10.3390/s21113579>
- Lösel, P. D., Monchanin, C., Lebrun, R., Jayme, A., Relle, J. J., Devaud, J. M., ... & Lihoreau, M. (2023). Natural variability in bee brain size and symmetry revealed by micro-CT imaging and deep learning. *PLoS Computational Biology*, 19(10), e1011529. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011529>
- Mathison, B. A., Kohan, J. L., Walker, J. F., Smith, R. B., Ardon, O., & Couturier, M. R. (2020). Detection of intestinal protozoa in trichrome-stained stool specimens by use of a deep convolutional neural network. *Journal of Clinical Microbiology*, 58(6), 10-1128. <https://doi.org/10.1128/JCM.02053-19>
- Mishra, S., & Sharma, S. K. (2023). Advanced contribution of IoT in agricultural production for the development of smart livestock environments. *Internet of Things*, 22(4), 100724. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100724>
- Morris, S. T. (2017). Overview of sheep production systems. In D. Ferguson, C. Lee & A. Fisher (Eds.), *Advances in Sheep Welfare* (pp. 19-35). Woodhead Publishing.
- Morrone, S., Dimauro, C., Gambella, F., & Cappai, M. G. (2022). Industry 4.0 and precision livestock farming (PLF): an up to date overview across animal productions. *Sensors*, 22(12), 4319. <https://doi.org/10.3390/s22124319>
- Nayeri, S., Sargolzaei, M., & Tulpan, D. (2019). A review of traditional and machine learning methods applied to animal breeding. *Animal Health Research Reviews*, 20(1), 31-46. <https://doi.org/10.1017/S1466252319000148>
- Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 29, 100367. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>
- Okut, H., Gianola, D., Rosa, G. J. M. & Weigel, K. A. (2011). Prediction of body mass index in mice using dense molecular markers and a regularized neural network. *Genetics Research* 93(3),189-201. <http://dx.doi.org/10.1017/S0016672310000662>
- Oyibo, P., Jujjavarapu, S., Meulah, B., Agbana, T., Braakman, I., van Diepen, A., ... & Diehl, J. C. (2022). Schistoscope: an automated microscope with artificial intelligence for detection of *Schistosoma haematobium* eggs in resource-limited settings. *Micromachines*, 13(5), 643. <https://doi.org/10.3390/mi13050643>
- Öztemel, E. (2012). Yapay sinir ağları. *Papatya Yayıncılık*.
- Parrish, K. (2018). Deep learning vs. machine learning: What's the difference between the two. <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/deep-learning-vs-machine-learning-explained/2/>
- Phythian, C. J., Michalopoulou, E., Jones, P. H., Winter, A. C., Clarkson, M. J., Stubbings, L. A., Grove-White, D., Cripps, P. J., & Duncan, J. S. (2011). Validating indicators of sheep welfare through a consensus of expert opinion. *Animal : an international journal of animal bioscience*, 5(6), 943-952. <https://doi.org/10.1017/S1751731110002594>
- Richert, W. (2013). Building machine learning systems with Python. *Packt Publishing*.
- Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T. & Woznicki, S.A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Elsevier*.
- Sağıroğlu, Ş., Beşdok E., & Erler, M. (2003). Mühendislikte yapay zekâ uygulamaları - yapay sinir ağları. *Ufuk Kitap Yayıncılık*.
- Strömbom, D., & King, A. J. (2018). Robot collection and transport of objects: A biomimetic process. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 48. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00048>
- Sun, S., Wei, L., Chen, Z., Chai, Y., Wang, S., & Sun, R. (2024). Nondestructive estimation method of live chicken leg weight based on deep learning. *Poultry Science*, 103477. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103477>
- Terlouw, E. M. C., Arnould, C., Aupérin, B., Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Deiss, V., ... & Mounier, L. (2008). Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: current status and possible future research. *Animal*, 2(10), 1501-1517. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002723>
- Yavuz, S., & Deveci, M. (2012). İstatiksel normalizasyon tekniklerinin yapay sinir ağı performansına etkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (40), 167-187.
- Yaxley, K. J., Joiner, K. F., & Abbass, H. (2021). Drone approach parameters leading to lower stress sheep flocking and movement: sky shepherding. *Scientific reports*, 11(1), 7803. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87453-y>
- Voudiotis, G., Moraiti, A., & Kontogiannis, S. (2022). Deep learning beehive monitoring system for early detection of the Varroa mite. *Signals*, 3(3), 506-523. <https://doi.org/10.3390/signals3030030>
- Zingaro, M., Salvatori, V., Vielmi, L., & Boitani, L. (2018). Are the livestock guarding dogs where they are supposed to be?. *Applied Animal Behaviour Science*, 198, 89-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2017.10.002>



Use of Industry 4.0 Technologies in the Logistics Activities Process in the Agriculture-Food Supply Chain

Muhammed Turgut^{1,a,*}

¹Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Mersin, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 21.04.2024 Accepted : 29.05.2024</p> <p>Keywords: Industry 4.0 Agri-Food Supply Chain Agri-Food Logistics Logistics 4.0 Agriculture 4.0</p>	<p>When considered within the scope of logistics, transportation, stocking and storage of these products or raw materials are very important. Loss, damage and casualty rates are quite high in food and agricultural products that require logistics expertise. From this perspective, food-agricultural products should be managed effectively and efficiently in both supply chain processes and logistics processes. The basic principles of effective and efficient management are the establishment of a traceable and transparent structure. The basis for the successful realization of these issues is the concept of technology. In this study, it is aimed to explain industry 4.0 technologies in supply chain activities and logistics activities in the agricultural food sector and to introduce them to the local literature. Within the scope of this purpose, the usage process of Industry 4.0 technologies, which have entered our lives in recent years, in agriculture-food supply chains and logistics activities, is discussed in detail. Addressing the impact of the Industry 4.0 industrial revolution, which seriously affects all sectors, on the agricultural food sector and filling the gap in the literature reveals the importance of the study. In the research part of the study, domestic and foreign literature was scanned in detail. Additionally, the practices implemented by the enterprises were examined and explained with examples. As a result, industry 4.0 technologies significantly affect the agricultural food supply chain and play a key role in the formation of an effective, efficient, transparent and traceable structure in logistics activities.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1968-1980, 2024

Tarım-Gıda Tedarik Zincirinde Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Lojistik Faaliyetler Sürecinde Kullanımı

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makalesi</i></p> <p>Geliş : 21.04.2024 Kabul : 29.05.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0 Tarım-Gıda Tedarik Zinciri Tarım-Gıda Lojistiği Lojistik 4.0 Tarım 4.0</p>	<p>Lojistik uzmanlık gerektiren gıda tarım ürünlerinde kayıp, hasar ve zayıt oranları oldukça yüksektir. Bu açıdan bakıldığında hem tedarik zinciri süreçlerinde hem de lojistik süreçlerinde gıda-tarım ürünleri etkin ve verimli yönetilmelidir. Etkin ve verimli yönetimin temel esasları ise izlenebilir ve şeffaf bir yapının tesis edilmesidir. Bu hususların başarılı bir şekilde gerçekleşmesinin temelinde ise teknoloji kavramı bulunmaktadır. Bu çalışmada tarım gıda sektöründe tedarik zinciri faaliyetlerinde ve lojistik faaliyetlerde endüstri 4.0 teknolojilerinin açıklanması ve yerli literatüre kazandırılması amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında son yıllarda hayatımıza giren Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım-gıda tedarik zincirlerinde ve lojistik faaliyetlerinde kullanım süreci detaylı bir şekilde ele alınmaktadır. Tüm sektörleri ciddi etkisi altına alan Endüstri 4.0 sanayi devriminin tarım gıda sektörüne etkisini ele almak ve literatürde yer alan boşluğu doldurmak çalışmanın önemini ortaya koymaktadır. Çalışmanın araştırma kısmında yerli ve yabancı literatür detaylı bir şekilde taranmıştır. Ayrıca işletmelerin gerçekleştirmiş oldukları uygulamalar incelenerek, örneklerle açıklanmıştır. Sonuç olarak ise endüstri 4.0 teknolojileri tarım gıda tedarik zincirini önemli ölçüde etkilemekte, lojistik faaliyetlerde etkin, verimli, şeffaf, izlenebilir bir yapının oluşmasında kilit rol oynadığı görülmektedir.</p>

^a muhammedturgut@tarsus.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-0868-7041>



Giriş

Tarım ve gıda, dünyadaki tüm insan varlığını etkileyen önemli sektörlerin başında gelmektedir. Tarım ve gıda üretimi, bir ülkenin ekonomisinin yanı sıra halkının güvenliği, beslenmesi ve sağlığı için de önemlidir. Tarım uygulamaları, havanın mevsimden mevsime değişmesi, tarım ürünlerinin piyasa fiyatının dalgalanmaya devam etmesi, toprak kalitesinin bozulması, mahsullerin sürdürülebilir olmaması, yabancı otların ve haşerelerin ürünlere zarar vermesi ve küresel iklim değişikliği gibi pek çok seçeneği ve hassasiyeti içermektedir. Tarım gıda tedarik zincirinde, gıda kalitesini, depolama koşullarını, belirli bir coğrafi bölgedeki hava durumunu, pH ve besin maddeleri gibi toprak kalitesini, üretim süreçlerini, pazarlama, lojistik ve ticaret yönetimini ve gıda tehlikelerinin varlığını analiz etmek oldukça önemlidir (Bhat ve ark., 2021).

Dikkat edilmediği takdirde oluşacak olan gıda krizleri, uygun kalite ve miktarlarda gıda ve beslenmeye değişken erişime neden olmakta ve bu, toplumda küresel bir risk olarak tanımlanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki küresel nüfus ve kişisel gelirlerdeki artışlar, gıda talebini 2050 yılına kadar %59 ila %98 oranında artıracaktır (Elferink ve Schierhorn, 2016).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) tahminlerine göre, 2050 yılına kadar küresel tarım-gıda sektörünün küresel talepleri karşılayabilmek için sürdürülebilirlik getirilerini %70 oranında artırması gerekmektedir (FAO, 2020). Gıda krizine yol açabilecek artan gıda talebi göz önüne alındığında, yalnızca sektörün değil, aynı zamanda birbiriyle ilişkili tedarik zincirlerinin de sürdürülebilirliğini sağlamak için etkin bir politikaya ve teknoloji kullanımına ihtiyaç bulunmaktadır.

Tarım-gıda sektörünün temel zorlukları arasında gıdanın küresel ve etkili şeffaflığını ve izlenebilirliğini geliştirme önündeki sınırlamaların (zaman, maliyet ve kalite) aşılması, pahalı araçların ortadan kaldırılması ve tedarikçiler ile perakendeciler arasında herhangi bir kesinti olmamasının sağlanması yer almaktadır (Granillo-Macias, 2023).

Bu sınırların ve kısıtların azaltılması teknoloji yardımıyla mümkün olmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileri ile işletmeler süreçlerinde zaman, maliyet, kalite konularında ciddi avantajlar elde etmektedir. Bu açıdan bakıldığında Endüstri 4.0 teknolojilerinin gelişen dünyaya ve gelecekte oluşacak tarım gıda krizlerine karşın bu endüstriye uygulanması şarttır. Bu kapsamda literatürün açıklanması ve uygulamacılara yol gösterilmesi önemlidir.

Bu çalışmada tarım gıda sektöründe tedarik zinciri faaliyetlerinde ve lojistik faaliyetlerde endüstri 4.0 teknolojilerinin açıklanması ve uygulamalarla anlatılması hedeflenmiştir. Literatürde bu kapsamda bir çalışma bulunmaması çalışmanın araştırmacılar ve uygulamacılar için önemini ortaya koymaktadır. Çalışmanın birinci kısmında tarım-gıda tedarik zinciri ve lojistiği kavramı ele alınmıştır. İkinci kısımda ise Endüstri 4.0 teknolojisi anlatılmış, üçüncü kısımda da tarım-gıda lojistiğinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı detaylandırılmıştır. Ayrıca gelişen teknolojilerle ilgili gıda tarım sektöründeki örnek uygulamalar başlıklar altında verilmiştir.

Tarım-Gıda Tedarik Zinciri ve Lojistiği

On dokuzuncu yüzyıldan itibaren gıda ve tarım sistemi küreselleşme sürecinden ciddi bir şekilde etkilenmiştir. Üreticiler, çiftçiler ve tüketicilerin arasındaki iletişimde doğrudan iletişimin yerini birçok aracıyı içeren dolaylı bir sistem almıştır. Küreselleşme aynı zamanda biyolojik çeşitlilik ve ekosistemlerin çökmesine, obezitenin ve gıda kıtlığının artmasına ve tüketicilerin gıdanın menşei ve kalitesi hakkında gereken bilgiye sahip olmasının imkansızlaşmasına da yol açmıştır (Paciarotti ve Torregiani, 2021).

Tarım gıda ürünleri günümüz dünya ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Tarım gıda ürünlerinin tedarik zinciri son yıllarda önemli bir konu haline gelmiştir. Çünkü tüketiciler, tüketilen gıdaların bulunabilirliği ve güvenliği konusunda giderek daha fazla bilinçlenmekte ve endişelenmektedir. Günümüzde tarım gıda ürünleri tüketicileri, yalnızca bir ürünün süpermarketlerdeki bulunabilirliği hakkında değil aynı zamanda çiftçilik, pazarlama, dağıtım, nakliye ve işleme faaliyetleri hakkında da daha fazla bilgiye sahip olmayı talep etmektedir. Tedarik zinciri süreçlerinde yaşanan herhangi bir problem yalnızca tedarik zincirinin belirli bir üyesini etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda tüm tedarik zinciri itibarını da etkilemektedir (Handayati vd. 2015).

Gıda endüstrisi; tarım, zootekni, ormancılık ve balıkçılık gibi temel faaliyetlerden elde edilen hammaddelerin ve yarı mamul ürünlerin imalatına ve işlenmesine/dönüştürülmesine yönelik çabalar yürüten organizasyonel faaliyetlerden meydana gelmektedir. Lojistik sektörü ise, bu işletmeleri destekleyen önemli bir sektör konumunda yer almaktadır. Gıda endüstrisi Avrupa GSYH'sinin %2'sini ve AB imalat sektöründeki toplam istihdamın %13,5'ini oluşturmaktadır. Gıda sektörü gelir açısından Avrupa'da birinci, İtalya'da ise ikinci sırada yer almaktadır (Manzini ve Accorsi 2013). Gıda sektörü tüketicilerin ihtiyaçlarının karşılanmasında hayati bir rol oynamaktadır.

Bu nedenle, gıda tedarik zincirinde kuruluşlar arası iş birliğinin aşağıdaki nedenlerden dolayı artırılması gerekmektedir (Bijman ve ark., 2006):

- Gıda güvenliğinin öne çıkan bir toplumsal sorun olarak artması
- Gıda dağıtımındaki ham maddelerin çoğunlukla nihai ürüne çok benzer olması
- Tarım ürünleri her zaman değişen derecelerde çabuk bozulan mallar olması

Tarımsal süreçlerde tedarik zincirinde uygulanması gereken birtakım önemli stratejik kararlar bulunmaktadır. Tarımsal tedarik zincirindeki stratejik kararlar şunlardır (Tsolakis ve ark., 2014):

- Tarım teknolojilerinin seçimi ve uygulanması (örneğin, herhangi bir tarım aleti için sermaye gereksinimlerinin ve harcamaların tespiti ve yenilikçi tarım teknolojilerinin kullanılması),
- Yatırım portföyünün geliştirilmesi (örneğin, temel kaynaklara ve altyapıya yapılan yatırımların belirlenmesi),
- Tedarik zinciri üyeleri arasında ortaklık ilişkilerinin teşvik edilmesi (örneğin, ortakların rollerinin

belirlenmesi, entegrasyon düzeyinin ortaya konulması, iş birliği programları ve sözleşme türleri),

- Tedarik zinciri ağlarının konfigürasyonu (örneğin, optimum kaynak bulma politikalarının seçilmesi, etkili tedarik süreçlerinin geliştirilmesi, işleme/üretim fabrikalarının tahsis edilmesi, ara depoların bulunması, ulaşım ağlarının tasarlanması ve perakendeci ağlarının tasarlanması),
- Performans ölçüm sisteminin gerçekleştirilmesi (örneğin, temel performans göstergelerinin tespit edilmesi, veri işleme süreçleri ve mekanizmalarının geliştirilmesi, ölçüm araçlarının seçilmesi ve geliştirilmesi ve paydaşlara işbirliği olanakları sunulması),
- Sürdürülebilirliğin güvence altına alınması (örneğin atık yönetimi stratejilerinin oluşturulması, sistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması, karbon ayak izi gibi çevreye zarar veren süreçlerde kontrol sistemlerinin tasarlanması, yeşil tarım uygulamalarının benimsenmesi ve sürdürülebilir tedarik zinciri yapılarının tasarlanması)
- Kalite yönetimi politikalarının benimsenmesi (kalite yönetim sistemi kapsamının tespiti ve kalitenin belirlenmesi).

Ayrıca, tedarik zincirinin veya firma stratejisinin uygulanması taktiksel kararlarla ilgiliyken, bir işletmenin günlük işleyişi operasyonel kararlarla ilgilidir. Tarım tedarik zincirindeki operasyonel kararlar ise şunlardır (Tsolakis ve ark., 2014):

- Hasat operasyonlarının planlanması (örneğin, ekimin planlanması, hasat operasyonları ve kaynak yönetiminin planlanması),
- Lojistik operasyonlarının planlanması (örneğin, filo yönetimi, araç rotalamasının planlanması ve programlanması, envanter yönetimi ve kontrol sistemlerinin belirlenmesi ve paketleme koşulları ile tekniklerin seçilmesi),
- Şeffaflık ve izlenebilirlik yoluyla gıda güvenliğine destek (örneğin, ortak yönetim mekanizmalarının yanı sıra organizasyonel düzenlemelerin teşvik edilmesi ve benimsenmesi)

Tarımsal tedarik zinciri yönetimi, uzun zamandır son derece zorlu ve önemli bir yönetim alanı olarak kabul edilmektedir. Tarım gıda tedarik zincirinde temel olarak gıda kalitesi, güvenlik güvencesi ve hava durumu ile ilgili değişkenler gibi faktörler tarafından vurgulanmakta ve bu da onu diğer lojistik operasyonlardan ayırmaktadır. Gıda tedarik zincirlerinde kalite standartlarını koruma görevi, gıda güvenliğini sağlama gibi unsurlar lojistik faaliyetlerin hassas bir şekilde yapılması için önem arz eden unsurların başında gelmektedir (Agyemang ve ark., 2022).

Tarımsal tedarik zincirleri ayrıca bozulabilirlik, sınırlı raf ömrü, kalite ve nicelikteki dalgalanmalar ve özel taşıma gereklilikleri gibi özelliklerle de farklılık göstermektedir. Bunların yanı sıra, üretim süreçleriyle ilişkili doğal kirlenme riskleri, kalite kriterlerini korumaya çalışılması tarım gıda lojistik operasyonlarının yönetimindeki zorluklar olarak ortaya çıkmaktadır. Tarım gıda sektöründe standartların altında ve kusurlu ürünler, düşük kaliteyle birleştiğinde önemli atık hacimlerinin oluşmasına yol açar. Tarım ürünlerinden kaynaklı oluşan önemli miktardaki atık, tarımsal tedarik zincirlerinde önemli bir sorun

oluşturmaktadır. Atık problemleri, tedarik zincirinde taşıma ve depolama süreçleri boyunca yetersiz izleme ve denetimden de kaynaklanabilmektedir. Örneğin, Amerikan Doğal Kaynaklar Savunma Konseyi'nin araştırması, Amerika Birleşik Devletleri'nde gıdanın %40'ının çiftlikten tüketiciye ulaşana kadar kaybolduğunu tespit etmişlerdir (Rajabzadeh ve Fatorachian, 2023). Sonuç olarak, tarımsal ürünlerin etkin yönetimi, tarımsal lojistik operasyonları alanında çok önemli bir rol üstlenmektedir.

Tarım-gıda pazarındaki talep eğilimleri, işletmeleri, giderek artan tüketici talebinin kişiselleştirilmesine yanıt verebilmek için lojistik faaliyetlere ağırlık vermeye zorlamaktadır. Bu nedenle, gıda tarım endüstrisinde tedarik ve dağıtım zincirindeki iş modelini kolaylaştırmak için yenilikleri tanıtmak stratejik bir hale gelmektedir. Örneğin, tarım gıda sektöründe ölçek ekonomisinden yararlanılamaması, sevkiyatların konsolidasyonuna izin vermemekte, bu da tedarik zincirini başarısız hale getiren önemli lojistik verimsizliklere yol açmaktadır. Gıda tarım ürünlerinin konsolidasyona elverişli bir model tasarlanmadan lojistik operasyonlarının gerçekleştirilmesi daha yüksek maliyetlere, verimlilik ve esneklik kaybına neden olmaktadır (Remondino ve Zanin, 2022).

Tarım-gıda ürünlerinin taşınması esnasında ürünün kalitesini etkileyen birçok unsur bulunmaktadır. Örnek olarak; sıcaklık, ürün kalitesini etkileyen en temel çevresel koşul olarak karşımıza çıkmaktadır. Aşırı düşük sıcaklık, fazla soğutma veya donma hasarlarına neden olmakta; yüksek sıcaklık ise ürünün solunum ve su kaybını hızlandırarak ürün kalitesinde düşüşe, buruşma ve erken yumuşamaya sebebiyet vermektedir. Taşıma esnasında ürün kalitesini etkileyen faktörler başlangıç kalitesi, sıcaklık, nem ve su kaybı, atmosferik gaz birikmesi, karışık yükler, fiziksel hasar ve nakliye koşulları (yol koşulları, günün saati vb.) olarak sıralanabilir (Vigneault vd. 2009).

Devam eden endüstriyel dönüşüm süreçleri, gıda tarım işletmelerinin lojistik operasyonlarında süreçlerini geliştirmelerine ve kolaylaşmasına katkı sağlamaktadır. Yeni teknolojilerin süreçlere entegre edilmesi organizasyonların operasyonel verimliliği açısından şarttır. Belirtildiği gibi tarım-gıda, lojistiğin çok önemli ve stratejik bir rol oynadığı bir sektördür; dolayısıyla şirketler ve ülkeler dijital teknolojilere yatırım yaparak rekabet avantajı elde edebilmektedirler. Ayrıca, olumlu etkiler yalnızca ekonomik değerde değil, aynı zamanda israfın ve olumsuz dışsallıkların azaltılması yoluyla sürdürülebilirliğin artmasında da yatmaktadır (Remondino ve Zanin, 2022).

Endüstri 4.0

İnsanların yaşamını sosyal ve ekonomik anlamda köklü dönüşümlere uğratan büyük olay ve değişimler tarım ve sanayide görülen devrimler olmuştur. İnsanoğlunun avcı toplayıcı yaşamdan yerleşik düzene geçmesi tarım devrimini ortaya çıkarırken, sanayi ve alt sektörlerinde üretim modelleri ve üretim yapılarının değişimine yol açan buluşlar sanayi devrimlerini oluşturmuştur. Daha önce üç sanayi devrimi yaşanmış ve üretimde dijitalleşme olarak ifade edilebilecek son teknolojik gelişmelerle Endüstri 4.0 olarak da adlandırılan Dördüncü Sanayi Devrimi gerçekleşmiştir.



Şekil 1. Endüstriyel Devrimlerin Tarihsel Gelişimi
Kaynak: (Öztuna, 2017)



Şekil 2. Endüstri 4.0 Bileşenleri
Kaynak: (Yılmaz, ve ark., 2021).

21. yüzyılda ortaya çıkan 4. Sanayi devrimi olarak endüstri 4.0, “en genel anlamıyla üretim sistemleri ile bilgi ve iletişim, internet, otomasyon teknolojilerinin bütünlüğü olarak ifade edilmektedir” (Banger, 2017). 2013 yılında, Almanya’da temelleri atılan bu sanayi devrimi “siber fiziksel sistemler ile bilgi ve iletişim teknolojilerinin, özellikle yapay zekâ, nesnelerin interneti gibi üretim sistemlerinin kullanımına dayalı, dijital bir dönüşüm girişimi olarak tanımlanmaktadır” (Pires ve ark., 2019).

Endüstri 4.0 ile ilgili birçok tanım yapılmaktadır. Birçok farklı kaynaktan Endüstri 4.0 tanımlanırken; akıllı teknolojilerin kullanıldığı, bu teknolojilerin nesnelerin interneti aracılığıyla birbiriyle iletişim kurduğu, yapay zekâ aracılığıyla karar sistemlerinin gerçekleştirildiği, insan gücünün yerine otomasyon ve robot teknolojisinin aldığı, siber fiziksel sistemlerle donatılan akıllı fabrikalar olarak tanımlanmaktadır.

Endüstri 4.0 bileşenleri arasında nesnelerin İnterneti, büyük veri, robotik sistemler, bulut bilişim, otonom teknolojiler, siber güvenlik, akıllı fabrikalar, sistem entegrasyonları, yapay zekâ, simülasyon ve otomasyon teknolojisi, nesnelerin interneti, blockchain teknolojisi, artırılmış gerçeklik ve dijital ikiz vb. teknolojiler bulunmaktadır. Endüstri 4.0’ın ticari faaliyetlere kazandırdığı birçok avantaj olmakla birlikte, bazı önemli avantajlar şu şekilde sıralanabilir (Ejsmont, ve ark., 2020):

- Doğru planlama yapılması ve üretimde artış,
- Üretimde maksimum verimlilik, minimum hata payı,
- Teslimat sürelerinin azalması sayesinde enerji verimliliğinin artması, tasarrufunun sağlanması ve sürdürülebilir lojistik,
- Güvenliğin artması, konforlu çalışma alanlarının oluşması,
- İşgücü maliyetlerinin düşüşü ve ekonomik faydanın sağlanması.

Tarım-Gıda Lojistiğinde Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Kullanımı

4. Sanayi devrimi süreci ile adlandırılan bu büyük değişim ve teknolojik gelişmeler artık günlük yaşamımızın da önemli bir parçası haline gelmektedir. Gelişen teknolojiler tarım sektöründe de kendini göstermiştir. Gıda tarım sektöründeki teknolojiye yaşanan köklü değişim süreci tarım gıda tedarik zincirinde ise verimlilik, etkinlik, rekabet, hız, sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği gibi birçok avantaj sağlamaktadır. Tarım sektöründe gerçekleşen teknolojik dönüşüme ise literatürde Tarım 4.0 ismi verilmektedir. Tarım 4.0, “tarım sektöründe yeni bir süreç tanımlanması ihtiyacı ortaya çıkmış ve bu kapsamda bilgisayar destekli kontrol sistemleri, çeşitli yazılım ve donanım araçları, dijital sensörlerle donatılmış tarım makineleri ve alanları ve bunların birbiriyle iletişimi, görüntü işleme teknolojileri gibi akıllı sistemlerin kurulması ve yaygınlaştırılması” olarak tanımlanmıştır. Akıllı teknolojiler sayesinde, tarım gıda üretiminin sürdürülebilirliği için önemli görülen tüm bilgiler üreticilerin bilgisine hızlı ve senkronize bir şekilde aktararak kaynakların etkin yönetilmesi sağlanmıştır (Aydın, 2022).

Tüm sektörleri etkisi altına alan bu büyük dönüşüm tarım gıda lojistiğindeki operasyonel süreçleri de etkilemiştir. Gıda güvenliği sağlanması, ürünlerin izlenebilirliğinin artması, hassas ürünlerin taşınma ve depolanma esasındaki bozulmalarının önüne geçmesi gibi birçok avantajlı unsur gıda tarım sektörüne endüstri 4.0 teknolojileri aracılığıyla kazandırılmıştır. Bu kapsamda Endüstri 4.0 teknolojileri ile gıda tarım lojistiğinde gerçekleşen bu dönüşüm uygulamaları birlikte detaylı bir şekilde ele alınmaktadır.

Robotik ve Otonom Teknolojiler

Robotik ve otomasyonun herhangi bir işletmede kullanılması, şirketin maliyetleri azaltma, üretim miktarını ve operasyon hızını artırma arzusundan kaynaklanmaktadır. Robotik ve otomasyon tarafından gerçekleştirilen süreçler aynı zamanda daha yüksek verimlilik ve gelişmiş bir çalışma ortamı sağlamanın önemli yollarındandır (Duong ve ark., 2020).

Robotiklerin gıda lojistiğinde uygulanması endüstri çapındaki tüm fonksiyonları kapsamaktadır. Başlangıçta robotlar çoğunlukla paketleme ve paletlemede kullanılırken, son birkaç yılda diğer uygulamalarda da kullanımı artmaktadır. Tarım ve gıda endüstrisinde tohumlama, su püskürtme ve hasattan gıda ürünlerinin kesilmesi, işlenmesi ve paketlenmesine kadar her görevde robotlar kullanılmaktadır. Mamullerin nihai ürününün otomatik kalite tespitinde ve işlemede çeşitli robot

sistemleri yer almaktadır. Ayrıca içecek sektöründe şişelerin temizlenmesi, sayılması, doldurulması ve taşıma bandına otomatik olarak dizilmesi işlemlerinde robotik makinelerden yararlanılmaktadır (Khan vd, 2018).

Robotik sistemlerin gelişimi, tehlikeli alanlara konuşlandırılabilir olması, yüksek verimlilik sağlaması, uygun maliyetli çözümler sunması, çalışanların yorgunluğunu önlemesi ve çalışanlarla ortak çalışmayı desteklemesi nedeniyle teşvik edilmiştir (McCarthy ve ark., 2018).

Lojistik süreçlerde gıda ürünlerinin hızla değişen özellikleri nedeniyle ilk analizden elde edilen sonuçlar bir başlangıç noktası olarak veya kıyaslama için kullanılabilir. Bu analizler iş ortamındaki sürekli değişiklikleri yansıtmaktadır. Bu sayede robotlar, tedarik zinciri analizi için doğru ve zamanında bilgi sağlayabilmekte ve bunun karşılığında analiz sonuçlarının uygulanmasına destek olabilmektedir (Duong vd. 2018).

Gıda tarım sektöründe lojistik faaliyetlerde bir diğer robot kullanımı teslimatlarda kullanılmasıdır. Burada drone teknolojisi de önemli rol oynamaktadır. Robot, bir restoran mutfağından bitmiş gıda ürünlerini alıp hedef tüketicilere ileten bir teslimatçı olarak çalışırken; dronlar ise çiftliklerde üretim süreçlerini ve parametrelerini izlemek için kullanılmaktadır (Dahabieh ve ark., 2018).

Ayrıca robot teknolojisiyle birlikte otomatik navigasyon sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemler sayesinde maliyet avantajı elde edilmekte, çevreye verilen zararlı etkilerde de azalmalar gerçekleşmektedir. Yapılan araştırmalarda elde edilen sonuçlar, önerilen robotik teknoloji ile ortaya çıkan otonom araç kullanımının CO2 seviyesini %22 azalttığını göstermektedir (Gružasuskas vd. 2018).

Robotik teknolojinin depolarda ve teslimatlarda kullanılması büyük miktarda bilgi yani büyük veri üretilmektedir. Bu büyük verilerin doğru teknolojiyle işlenmesi işletmeler açısından daha doğru kararlar alınmasına yardımcı olmaktadır. Gıda sektörü emek yoğun bir sektör olarak nitelendirilmekte ve normalde mevsimlik işgücü sıkıntısıyla karşı karşıya kalmaktadır. İşgücü talebi, arazi hazırlama, ekim ve hasat zamanlarında en yüksek seviyededir. Bu iş gücü sıkıntısı sorunlarının çözümünde de robot teknolojisi önemli bir yer tutmaktadır (Duong ve ark., 2020).

Robotik ve otomasyon teknolojilerinin gıda tarım lojistiği süreçlerine entegre edilmesi, tedarik zinciri faaliyeti süresi boyunca izlenebilirlik ve takip imkânı yaratmaktadır. İzlenebilirlik, çabuk bozulan ve sıkı kullanım koşulları gerekliliklerine sahip gıda ürünleri için özellikle önem arz etmektedir. Mal elleçleme ve taşımanın optimizasyonu, lojistikte robotik uygulamasının en büyük faydası olmaktadır. Robotik uygulamalar, lojistik sürecinin tamamında optimize edilmiş malzeme akışı ve takibi sunmaktadır. Robotik genellikle sensörler ve görüntüleme teknolojileriyle birleştirilmektedir (Jagtap vd. 2021).

Depo lojistiği açısından basit temel otomasyon, ürünlerin hareketlerine büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. Buna en güzel örnekler arasında otomatik yönlendirmeli araçların kullanımı yer almaktadır. Otomatik yönlendirmeli araçların kullanımı verimliliğin artmasına ve aynı zamanda işçilik ve işletme maliyetlerinin azalmasına olanak tanımaktadır (Karabegović ve ark., 2015).



Şekil 3/ Otomatik Yönlendirmeli Araç Örnekleri

Kaynak: (Karabegović ve ark., 2015)

Gıda endüstrisi sınırlı makine kullanımı ve artan talep ile insan kaynaklarına bağımlı bir sektör iken, küresel rekabet ve ileri teknolojiler robot teknolojisinin kullanımını ve tarım-gıda endüstrisini kolaylaştırmaktadır. Robotik teknolojisi, gıda endüstrisinde geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmakta ve başlıcaları aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (Rehman ve ark., 2019).

Biçerdöverler ve tarım robotları

Hasat, tarımsal üretimin önemli bir aşamasıdır; temel bir tarımsal faaliyet olarak kabul edilmekte ve meyve hasadının çoğu hala elle gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda meyve sebze toplama robotları geliştirilmiştir. Bu robotlar görsel işleme yetenekleriyle geliştirilmiş ve çeşitli toplama mekanizmaları kullanmaktadır. Özellikle seralarda robotik teknolojiden elde edilen verim açık havadaki toplamalara göre çok daha pozitif sonuçlar doğurmuştur. Bu işlemlerde robotik teknoloji kullanımı giderek artmakta ve gelecekteki hasat işlemlerinin %20'sinde kullanılması öngörülmektedir (Suprem ve ark., 2013). *Gıda işlemede robot teknolojisi*

Gıda işleme faaliyetlerinde verimliliği ve kaliteyi artırmaya yönelik birçok politika gerçekleştirilmektedir. Robot teknolojisi de gıda işleme faaliyetlerinde verimliliği ve kaliteyi artırıcı önemli bir teknoloji olmasına rağmen henüz kullanım oranları istenilen düzeye gelmemiştir. Gelecek dönemlerde robotik teknolojinin gıda işleme sürecinde aktif rol oynayacağı, insanlarla birlikte süreci yöneten işbirlikçi robotların gıda işleme faaliyetlerini dönüştürmesi beklenmektedir (Guiochet ve ark., 2017).

Hayvancılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde robot teknolojisi

Hayvancılıkta robotik teknolojinin kullanımı süt sağım faaliyetlerinde çok yoğun kullanılmaktadır. Robotlar ayrıca hayvanlara gıda dağıtımı ve atıkların uzaklaştırılması gibi diğer faaliyetlerle de ilgilenmektedir. Hayvancılık faaliyetlerinde insandan kaynaklı oluşan aksaklık ciddi oranda azaltılmış ve robotlar insan gücü gereken işleri düzenli bir şekilde gerçekleştirmeye başlamışlardır. Ayrıca su ürünleri yetiştiriciliği de önemli sağlık ve güvenlik risklerini içerisinde bulunduran ve yüksek maliyetli işlemlerken robot teknolojisinin sektöre entegre edilmesiyle riskler ve maliyetler oldukça azaltılmıştır (Duong ve ark., 2020).

Tedarik zinciri verimliliğini artırmaya yönelik diğer uygulamalar arasında budama, inceleme, ilaçlama, otomatik süt sığırı vücut kondisyon puanlama sistemi, otomatik hasat, otomatik soğutmalı depolama veya karmaşık tarım ortamında görevlerin programlanması gibi çiftçilik faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi yer almaktadır. Bu uygulamaların başarısı robotlar arasındaki uyuma ve verileri analiz edebilme kapasitesine bağlı bulunmaktadır (Sabzi ve Arribas, 2018).

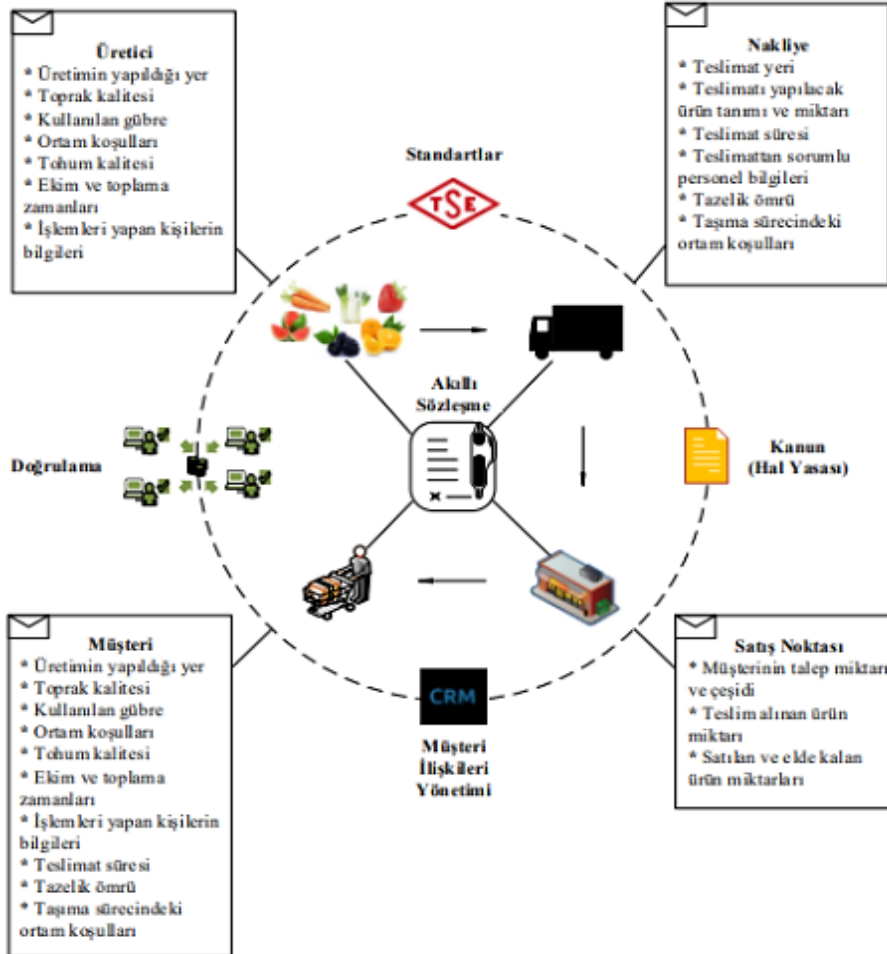
Blok Zincir (Blockchain) Teknolojisi

Şeffaflık ve izlenebilirlik gıda lojistiğinin temel bileşenleri durumundadır. Artan küreselleşme ve gıda teknolojileriyle birlikte her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Basitçe ifade etmek gerekirse; toptancılar, perakendeciler ve tüketiciler, gıdalarının nereden geldiğini, hangi ara taraflardan/işlemlerden geçtiğini, etiketlemeye güvenip güvenemeyeceklerini ve gıda kaynaklı hastalık salgını durumunda, bozulmuş gıdanın nerede olduğunu bilmek istemektedirler. Taze gıdalar hem bozulabilir hem de kolayca kontamine olabilmektedir. Tedarik zinciri süreci hakkında detaylı bir bilginin bulunmaması nedeniyle, bu tür salgınların kaynağı doğru ve hızlı bir şekilde tespit edilememektedir. Bu durum sağlık üzerinde daha büyük etkilere yol açmakta ve önemli miktarda gıdanın çöpe atılmasına sebebiyet vermektedir. Bilgi ve izlenebilirlikten kaynaklı oluşan problemler, gıda lojistiğinin tüm aşamalarının (hasat, işleme, toptan dağıtım ve perakende satış dahil) nesnelere İnterneti (IoT) tabanlı izlenmesiyle çözülebilecek, böylece toplama, nakliye, depolama ve teslimat çok daha kolay hale getirilebilecektir (Pal ve Kant, 2019).

Prensip olarak, tüm tedarik zincirinden gerekli operasyonel veriler bir bulut veri tabanında saklanabilir ve böylece hem lojistik operasyonların hem de izlenebilirliğin iyileştirilmesi amacıyla akıllı kararlar almak üzere ilgili tüm tarafların kullanımına sunulabilecektir. Ancak uygulamada, ilgili tüm tarafların (örneğin çiftçiler,

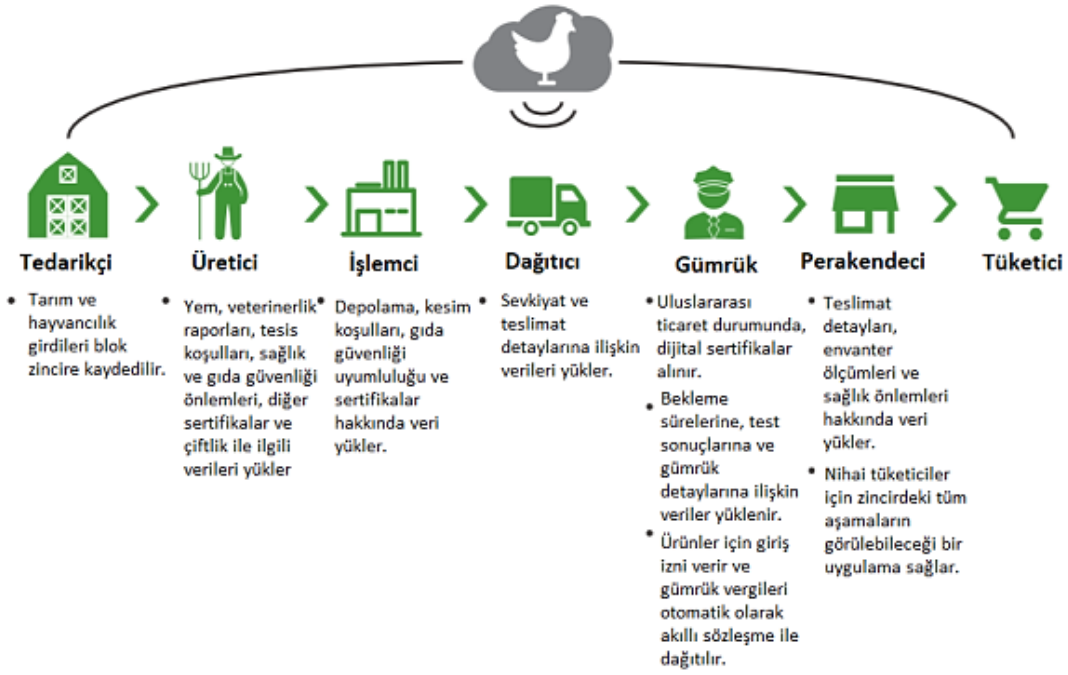
işleyiciler, lojistik operatörleri, perakendeciler, depo operatörleri, nakliye şirketleri, gıda denetçileri ve düzenleyiciler) merkezi bir veri tabanında yer alan bilgilere güvenebilmesini sağlamak oldukça zorludur. Blockchain'in devreye girdiği yer tam olarak bu noktadır. Blockchain, her biri blok boyutunda gerçekleştirilen bir işlem (veya eylem) dizisine karşılık gelen, sürekli genişleyen bir kayıt zincirinden (veya bloklardan) oluşan, taraflar arası dağıtılmış bir defter teknolojisidir. Bloklar zaman damgalıdır ve kriptografik karmalarla birbirine bağlanmaktadır; bir blok içindeki işlem karmaları, tüm blok için tek bir karma oluşturmak üzere Merkel ağacı biçiminde düzenlenmekte ve her blok bir öncekinin karma değerini içermektedir. Her bir taraf tüm zincirin özel bir kopyasını tutmakta ve bir fikir birliği sürecinin ardından bloklar bu kopyaya girilebilmektedir. Bu, blok zincirine girilen verileri değiştirilemez ve dayanıklı hale getirmektedir (Lin ve Zhou, 2005).

Blockchain'de yer alan bilgiler hem son müşteriler (ürünleri satın almadan önce bilinçli kararlar vermek için) hem de denetçiler (işleme, taşıma, nakliye ve depolama düzenlemelerinin takip edildiğinden emin olmak için) için yararlı olmaktadır. Bu aynı zamanda gıda taşıma lojistiğine de yardımcı olmaktadır. Çünkü kaydedilen bilgiler, israfın en aza indirilmesi için gıdanın proaktif dağıtımını veya gıdanın aşırı şekilde taşınması ve dağıtımından kaçınılması konusunda daha akıllı kararlar almak için kullanılabilir (Pal ve Kant, 2019).



Şekil 4. Blokzincir tabanlı Sebze ve Meyve Tedarik Zinciri

Kaynak: (Özkan, 2019; Balcı, 2020)



Şekil 5. Blok zinciri teknolojisi ile oluşturulmuş bir tarımsal tedarik zinciri

Kaynak: (Tripoli ve Schmidhuber, 2018; Gerdan ve ark., 2020)

Büyük bir besin zincirinde gıda kontaminasyonu durumunda, kaynağın belirlenmesi haftalar hatta aylar sürmektedir. Blockchain destekli bir lojistik sisteminde bu takip süresi saniyeler içinde olurken; bu da gıda kaynaklı hastalıkların daha hızlı kontrol altına alınmasına, daha hızlı yanıt süresi ve seçici geri çağırımlar sayesinde gelirin artmasına ve ortaklar arasında güvenin artmasına olanak sağlamaktadır. Walmart, Çin'de domuz eti ve Meksika'da mangoyu takip etmek için IBM ile halihazırda iki deneme gerçekleştirmişlerdir. Bu denemeler, blockchain kullanımının bilgilerin takip süresini bir haftadan 2,2 saniyeye düşürebileceğini göstermiştir (Pal ve Kant, 2019).

Dünyanın en büyük gıda tedarikçilerinin çoğu, envanter ve kalite yönetimi ve gıda kaynaklı hastalıkların kaynaklarının takibi için blockchain çözümleri üzerinde iş birliği yapmaktadır. Örneğin; Dole, Unilever ve Walmart gibi birçok büyük gıda tedarikçisi ve perakendecisi, FoodTrust girişiminde IBM ile ortaklık kurmuşlardır. Londra merkezli Provenance ve Çinli dev Alibaba da müşteri güvenini artırmak için blockchain kullanmaktadır. Ayrıca Pekin merkezli JD. com, blockchain kullanarak sığır eti yetiştirme, yetiştirme, işleme ve taşıma işlemlerini takip etmek için Moğolistan ve Avustralya'daki ihracatçılarıyla birlikte çalışmaya başlamışlardır (Pal ve Kant, 2019).

Blockchain'in gıda lojistiğinde nakliye, şeffaflık, sevkiyat veya mal takibinde artan verimlilik, malların yanlış yerleştirilmesi veya çalınmasından kaynaklanan sorunların azalması ve faturalama ve ödemelerin daha hızlı işlenmesi gibi oldukça fazla faydaları bulunmaktadır. Tedarik, nakliye yönetimi, takip ve takip, gümrük iş birliği ve ticaret finansmanı da dahil olmak üzere lojistikle ilgili sorunların çoğunun azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Dünyanın en büyük taşımacılık şirketlerden birisi olan Maersk, tek bir konteynerin gümrük, vergi ve sağlık yetkilileri dahil 30 yetkilinin onayına ihtiyaç duyabileceğini tespit etmişlerdir. Konteynerlerin yüklenmesi dakikalar sürse bile, bir kâğıt parçasının

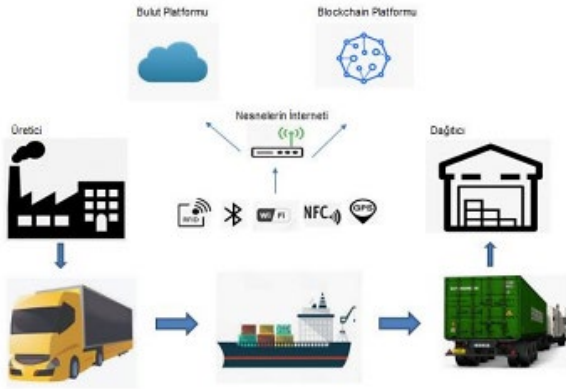
kaybolması ve gıdanın bozulmasına yol açması durumunda varış limanında günlerce bekletilebilmektedir. Bazen tüm evrakları taşımanın ve takip etmenin maliyeti, konteyneri dünya çapında fiziksel olarak taşımanın maliyetine eşittir. Bu nedenle Maersk ve IBM, ticari iş akışlarını ve uçtan uca takibi dijitalleştirmek için işbirlikçi bir Blockchain tabanlı sistem geliştirdiler. Bu sistem, paydaşların tedarik zinciri içindeki malların hareketini ve tam konumunu görüntülemesine olanak tanımaktadır (Jagtap vd. 2021).

Gıda güvenliği, gıda kalitesinin izlenmesi, kontrol, atık azaltımı için izlenebilirlik, analiz ve güvenilir veri alışverişi, gıda tarım endüstrinin blockchain tabanlı teknolojiler aracılığıyla karşılayabileceği müşteri gereksinimlerinden bazıları olarak karşımıza çıkmaktadır (Lin ve ark., 2020).

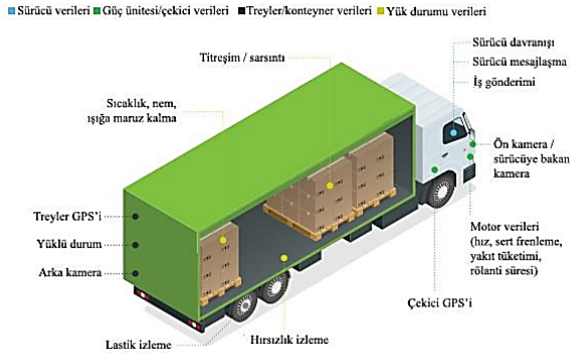
Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin interneti teknolojisi (IoT), en genel anlamıyla birden fazla cihazın birbirine bağlandığı ve iletişim kurduğu teknolojik bir kavramdır. Tedarik zinciri bağlamında ise, şirket içerisinde ve şirket dışı firmalar ile algılama, izleme ve etkileşime girmek için dijital olarak bağlanan ve zamanında planlamayı kolaylaştırmak için çeviklik, görünürlük, izleme ve bilgi paylaşımı sağlayan fiziksel nesnelere oluşan bir ağ olarak tanımlanmaktadır. Tedarik zinciri süreçlerinin etkin yönetilmesi, kontrolünün sağlanması ve koordinasyon kurulması açısından önemli bir teknolojik gelişmedir (Bavassano, 2020).

IoT, nesnelerin ve sensörlerin kablolu bağlantılar, kablosuz kanallar veya hibrit sistemler aracılığıyla birbirine bağlandığı, kontrol edildiği ve optimize edildiği dünya çapında bir ağ olarak kavramsallaştırılmaktadır (Atzori, 2010). IoT, endüstriyel otomasyona önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Ayrıca endüstriyel sensör ağlarının, lojistik yönetimi için RFID ağının ve tesis kontrolü ve kurumsal bilgi yönetimi ağlarının entegrasyonuna ve birleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Zhao, 2016).



Şekil 6. Blockchain ve Nesnelerin İnterneti ile Gıda Yükleme Talebi
Kaynak: (Balcı, 2020)



Şekil 7. Nesnelerin İnterneti Teknolojisi ile Taşımacılık Yönetimi
Kaynak: (Yılmaz ve Kuvat, 2021)

Firmalar IoT'nin kullanımı yoluyla organizasyonlar arası ve organizasyon içi iletişimi ve entegrasyonu kolaylaştırma, tedarik zincirinin tüm aşamalarında önemli verimlilik kazanımları sunma ve bilgi akışlarını düzene koyma potansiyeline sahiptir. Tüm bu faydalar nesnelerin interneti teknolojisini tedarik zinciri ve lojistik süreçlerde kullanıma teşvik etmektedir (Rejeb ve ark., 2020).

Gıda taşıyan araç, aracın konumunu izlemek, sıcaklığı izlemek, stok yönetimini kontrol etmek ve aracın bakım ihtiyaçlarını değerlendirerek koruma sağlamak, trafik sıkışıklığı durumunda rota değişiklikleri hakkında bilgi vermek vb. için çeşitli sensörlerle donatılmıştır. Gıda lojistiği için IoT'nin yaygın avantajları şunlardır (Jagtap ve ark., 2020):

- Kapasite algılama,
- Planlama ve raporlama,
- Rota optimizasyonu,
- Enerji yönetimi,
- Arıza tespiti ve çözümü,
- Bakım,
- İzleme ve yönetim
- Tehlike ve tehditlerin tespiti ve önleme
- Gerçek zamanlı izlenebilirlik

Birçok şirket gıda izlenebilirliğini sağlamak için IoT sensörlerini kullanmaya başlamıştır. Tavukların konumlarını ve günlük olarak ne kadar hareket ettiklerini kaydetmek için sensörler yerleştiren Şanghai merkezli ZhongAn Teknolojisi buna bir örnektir. Walimai tarafından bebek maması kutuları konusunda, BeefLedger

tarafından Avustralya sığır eti konusunda ve Chai Vault tarafından yatırım amaçlı şaraplar konusunda da benzer girişimlerde bulunmuşlardır. Bu endüstrileri blockchain ile birleştirmek, tüm lojistik sektörünü ve bununla ilgili süreçleri dönüştürecekler (Pal ve Kant, 2019).

Siber Güvenlik

Dijitalleşme süreci sağladığı avantajların yanı sıra riskli unsurları da ortaya çıkararak operasyonel süreçleri etkilemektedir. Tüm sistemlerin sürekli kontrollerinin gerçekleştirilmesi ve güncellemelerin takibi zorunlu bir hal almıştır. Tüm bu müdahalelere rağmen siber saldırı tehlikesiyle karşı karşıya kalma ihtimaller arasında bulunmaktadır. Bir endüstride yeni teknolojilerin kullanılması beraberinde siber güvenlik bir sorun olacağını da düşündürmektedir. Teknolojinin bu olumsuz sonuçlarından mağduriyet yaşamamak adına şirketlerin altyapılarını güvenli bir şekilde tasarlamaları gerekmektedir (Cooper, 2015).

Gıda endüstrisi, benzersiz altyapısı nedeniyle, biyoterörizmi yüksek bir risk haline getiren, tüketicilerin refahını, kaynakları ve ekonomiyi tehdit eden, sızması en kolay endüstrilerden biri olarak kabul edilmektedir. Gıda endüstrisinin lojistik zincirinin, üreticiler, üreticiler, perakendeciler vb. gibi çok sayıda paydaşın yer alması nedeniyle siber saldırılara karşı daha savunmasız ve eğilimli olduğu düşünülmektedir (Jagtap ve ark., 2020).

Son yıllarda deniz taşımacılığı sektörünün öncü firması olan Maersk, Fransa merkezli demiryolu taşımacılığı işletmesi olan Société Nationale Des Chemins De Fer (SNCF), dünyanın önde gelen kargo firmalarından biri olan Thomas Nationwide Transport (TNT) firmaları gibi büyük kuruluşlar lojistik sektöründe küresel siber saldırıya uğrayan firma örneklerinden birkaçıdır. 2017 yılında Maersk şirketinin, uğradığı siber saldırı sonucunda operasyonel süreçlerinde aksamalar ve ciddi maliyet doğuracak problemlerle karşı karşıya kalmışlardır. Ayrıca siber saldırı sürecinde oluşan operasyonel aksaklıklardan kaynaklı oluşan müşteri memnuniyetsizliği de gelecek süreçlerde firma itibarını olumsuz etkilemiştir (Balcı, 2020).

Gıda lojistiği endüstrisinde daha fazla teknolojinin kullanımı ve Endüstri 4.0'ın bağlanabilirliği benimsenmeye devam ettikçe, ilgili siber tehditler konusunda daha fazla farkındalığın olması gerekmektedir. Siber güvenliğin planlanması ve uygulanmasına ilişkin bilgi yaygın olmalıdır; politika ve düzenlemelerin yanı sıra gıda endüstrisinde siber güvenliği planlamak için erişilebilir araçlara da ihtiyaç vardır (Cooper, 2015).

Dijital İkiz ve Simülasyon Teknolojileri

Dijital İkiz, verilere dayalı sanal ortamdaki fiziksel dünya varlıklarının temsilcileri olarak tanımlanmaktadır. Siber-Fiziksel Sistemlerde (CPS'ler) cihazları, makineleri, araçları ve hatta insanları izlemek ve kontrol etmek için kullanılmaktadırlar. IoT'nin ortaya çıkmasıyla birlikte, farklı uygulamalarda çeşitli dijital ikiz tabanlı çözümler geliştirilmiştir. Bu teknolojiler, modelleme ve simülasyon yazılımı, IoT ve yapay zeka gibi farklı teknolojilerin mümkün kıldığı üretim, sağlık hizmetleri ve akıllı şehirler gibi çeşitli alanlarda karar almayı geliştirerek simülasyonu, optimizasyonu ve tahmini desteklemektedir (Vilas-Boas ve ark., 2023).

Günümüzde dijital ikiz teknolojisinin kullanımına baktığımızda fiziksel objeleri ve süreçleri gerçek zamanlı ve sanal ortamda izlenmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu doğrultuda sanal ortamda yapılan temsil, ürün yaşam süreci boyunca tüm kaynaklardan gelen kapsamlı bilgileri tutmaktadır. Bu bilgiler ve veriler, karar verme sürecini iyileştirmek için gelecekteki koşulları ve mevcut koşulları çeşitli şekillerde sürekli olarak güncellenmekte ve görselleştirilmektedir (Mathupriya ve ark., 2020).

Dijital ikiz, bir ürünün oluşum aşamasından satış sonrasında verilen hizmete kadar tüm süreçlerinde uygulanabilmektedir. Ürünün genel performansı izlenebilmekte ve bakım ihtiyacına karar verilebilmektedir. Ayrıca bu teknoloji üretim süreçlerinin planlanmasına ve koordinasyonun sağlanmasına da yardımcı olabilmektedir (Deepu ve Ravi, 2021). Gıda ve tarım sektöründe de kullanılan bu teknoloji lojistik operasyonlarda süreçlerin önceden test edilmesi ve bozulabilecek ürünlerin daha sağlam ve taze teslimatı gerçekleştirmesi açısından önem arz eden bir teknoloji haline gelmiştir.

Benzer şekilde gıda üretimi ve lojistik sistemlerinde modelleme ve simülasyon, ürünlerin, süreçlerin, sistem tasarımının test edilmesine ve doğrulanmasına ve sistem performansının tahmin edilmesine olanak tanımaktadır. Aynı zamanda karar verme sürecini, eğitim ve öğretim oturumlarını da destekleyerek maliyetlerin azalmasına yol açmaktadır (Negahban ve Smith, 2014). Ayrıca simülasyon, tahminde bulunmak, kanıtlamak, gerekçelendirmek, tavsiyede bulunmak ve pratik yönlendirme amacıyla kullanılabilir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) merkezli şekerleme şirketi Mars, simülasyon teknolojisini kullanarak üretilen ürünlerin kalitesinden ödün vermeden ABD'deki altı tesisinde verimliliği artırmaya yönelik politikalar geliştirmişlerdir (Jagtap ve ark., 2020).

Tarım gıda tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini geliştirmek için taşıma siparişini sağlama sürecinde simülasyon modellemesinin kullanımı gerçekleştirilmektedir. Bu sayede, yollardaki kamyon sayısının azalmasına ve dolayısıyla daha az karbon emisyonu tüketimine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle simülasyon modelleri teslimatların belirlenmesine, depo yerlerinin tespitine, taşıma kapasitelerini ve teslim sürelerini, otonom sistemleri ve süreç sürelerini destekleyen önemli bir teknoloji konumundadır (Hoffa-Dabrowska ve Grzybowska, 2020).

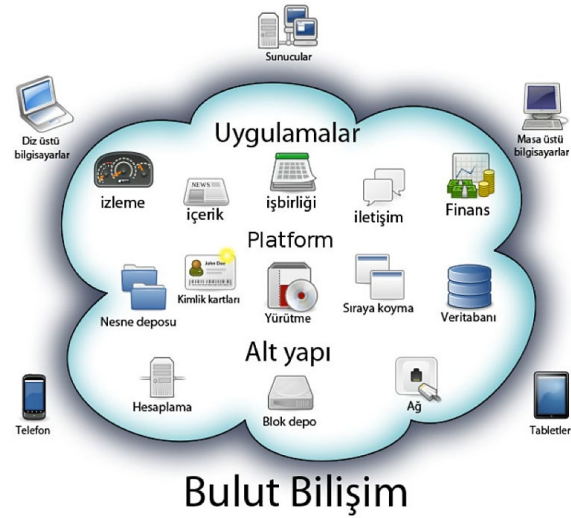
Dijital ikiz teknolojisinin tarımdaki önemli uygulamalarından birisi de mahsul modellemesinde kullanımıdır. Mahsul modellemesi, “mahsullerin sanal modellerinin oluşturulmasını ve farklı koşullar altında nasıl büyüdüklerinin simüle edilmesini içermektedir”. Bu sayede çiftçiler süreçlerini optimize etmekte ve verimi tahmin yöntemleri gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda dijital ikiz teknolojisi, tarım tedarik zinciri süreçlerinde mahsul yetiştirme ve sulama sistemlerini taklit etmek ve iyileştirmek için kullanılmaktadır (Ustalı ve Tekin, 2023).

Bulut Bilişim

Bulut bilişim; “hemen her türlü networke dahil olabilen cihazın bağlanabildiği, internet servisleri üzerinden donanımsal ve yazılımsal mevcut envanter ve kaynaklarımızın kullanıcılara ve cihazlara aktif olarak paylaşılabilirdiği hizmet ve servislerin oluşturduğu

internet platformunu ifade etmektedir”. Bulut bilişim, “her yerde bulunan, kullanışlı, talep üzerine ağır etkinleştirilmesi için bir modeldir ve yapılandırılabilir hesaplama kaynaklarının paylaşılmış bir havuzuna hızlı bir şekilde hazırlanıp yayımlanabilir minimum yönetim çabası veya servis sağlayıcıdır” (Breiter, 2011).

Bulut bilişimin farklı birçok tanımı bulunmakla birlikte İngilizcede “Cloud Computing” olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) bulut bilişimi “Yönetim seviyesi düşük olan ya da servis sağlayıcı etkileşimleri ile veri kaynaklarının havuzuna istendiği zaman erişim sağlanmasını mümkün kılan model” şeklinde tanımlamaktadır (Mell ve Grance, 2011).



Şekil 8. Bulut Bilişim Teknoloji Yapısı
Kaynak: Alabay, 2023

Günümüz ticari faaliyetlerinde her bir operasyonda milyarlarca veri akışı gerçekleşmekte ve bu verilerin saklanması ve erişiminin kolay olması oldukça önemli konuların başında gelmektedir. Bu kapsamda bulut bilişim teknolojisi ticari işletmeler açısından vazgeçilmez bir teknoloji olmuştur. Lojistik alanında bulut bilişim, dinamik olarak ortaya çıkan lojistik taleplere dayalı olarak otonom lojistik uygulamalarının esnek bir şekilde ölçeklendirilmesine olanak sağlamaktadır (Schuldt ve ark., 2010).

Ayrıca bulut bilişim teknolojisi gıda lojistiği sürecinde de birçok avantajı bünyesinde barındırmaktadır. Bu avantajlardan öne çıkanlar ise şunlardır (Jagtap ve ark., 2020):

- Bilgiler, farklı departmanlardan ve hatta kuruluşlardan personel tarafından kolayca paylaşılabilir ve gerçek zamanlı olarak erişilebilir. Bu durum, gıda tedarik zincirinde yer alan farklı üyeler arasındaki iletişimi ilerletmekte ve lojistikte ilgili faaliyetlerdeki süreçlerin hızlanmasına katkı sunmaktadır.
- Veri depolamaya ilişkin sorumluluklar veri depolama işlemi gerçekleştiren şirkete devredilerek sorumluluk azaltılabilir ve bu faaliyetten doğan ilgili maliyetler en aza indirilmektedir.
- Bulutu kullanmanın bir maliyeti olsa da kullanıcı yalnızca kullandığı kadar ödeme yapmaktadır. Alternatif olarak, işletme kendi verilerini depoluyorsa,

normalde sunucularında ve yedekleme cihazlarında kullanılmayan fazla kapasiteye sahip olacaktır. Ayrıca, bulutu kullanmanın genellikle aylık masraflara yol açtığını, verilerin kendi kendine depolanmasında ise maliyetlerin genellikle tek seferlik olduğunu da unutmamak gerekmektedir.

- Bulutu kullanmak işletmelerin enerji tüketiminin azaltılmasına ve enerji maliyetlerini düşürmesine olanak tanımaktadır.
- Bulut sisteminde yer alan veriler genellikle birden çok sunucuda, genellikle farklı yerlerde bulunduğundan, verilerden kaynaklı oluşacak riskler azaltılmaktadır.
- Ana sunuculara bulut üzerinden erişen şirketler, ana sunucunun sağladığı uygulamalar gibi farklı hizmetleri de kullanabilmektedir.

Tüm bu avantajların yanında bulut teknoloji ağ üzerinden herkesin erişebileceği ve tüm bilgilerin yer aldığı bir teknoloji olması dolayısıyla önemli bir veri güvenliği dezavantajını da bünyesinde bulundurmaktadır. Bu kapsamda gıda lojistiği işletmelerinin bulut teknolojilere yatırım yapmanın yanı sıra bu teknolojileri güvenli bir şekilde kullanımı sağlayacak siber güvenlik teknolojilerine de yatırım yapmaları gerekmektedir.

Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik (AR) “Fiziksel dünyanın üzerine bilgisayar desteğiyle oluşturulmuş görsel unsurların, sesin veya diğer duyuşsal uyaranların kullanılmasıyla oluşturulan bir katman olarak tanımlanabilir.” (Toy, 2019). AR sisteminin temel amacı, gerçekliği aynı alanda bir arada var gibi görünen 3 boyutlu sanal nesnelere tamamlayarak kullanıcının algısını geliştirmek ve gerçek dünyayla etkileşimi kolaylaştırmaktır. AR, teknolojinin fiziksel ortamı bilgisayar tarafından oluşturulan üst üste bindirilmiş görüntülerle güçlendirmeye olanak sağladığı, gerçekliğin geliştirilmiş bir versiyonudur. AR, sanal gerçeklikten (VR) farklıdır çünkü VR, kullanıcıların gerçeklikten tamamen kopuk bir sanal dünyaya tamamen dalmasını temsil ederken sanal gerçeklik (VR), gerçek dünyayı simüle etmeyi ve kullanıcıyı bilgisayar tarafından oluşturulan bir ortama dahil etmeyi amaçlamaktadır (Rejeb ve ark., 2021).

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin gıda endüstrisi paydaşlarına sağladığı faydalar akademik araştırmalarda sıklıkla tespit edilmektedir. Örneğin, AR teknolojilerinin kullanımı, gıda işletmelerine stokların konumu hakkında tam zamanında bilgi sağlama, farklı gıdaların anında tanımlanması, hazırlama alanları üzerinde artan durumsal farkındalık ve görünürlük ve potansiyel gıda tehlikelerinin tanınmasını sağlamaktadır. AR'nin görselleştirme kapasitesi, insan sınırlarını aşar ve gıda operatörlerinin gıda depolama ve lojistiğini optimize etmesine olanak tanır (Beck ve ark., 2016).

Verilerin dinamik görselleştirilmesi, sipariş toplama gibi gıda tedarik zinciri süreçlerini de kolaylaştırmaktadır. AR yenilikçi bir teknolojidir, akıllı gıda lojistiğinin geliştirilmesinde bir değişime yol açarak gıda ürünlerinin daha esnek taşınması, depolanması ve paketlenmesine yol açmaktadır. Artan verimliliğin faydaları yalnızca maliyet tasarrufu ve daha iyi kaynak kullanımı açısından ifade edilmemekte ayrıca karar verme desteği gibi diğer süreçleri de içermektedir (Vanderroost ve ark., 2017).

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin gıda lojistiğinde sağladığı avantajlar ise şunlardır (Jagtap ve ark., 2021):

Çalışan güvenliğini ve verimliliğini artırma

Artırılmış gerçeklik, tedarik zinciri sürecinde çalışanların gıda ürünleri ile ilgili işlemler yaparken uymaları gereken denetim veya işleme faaliyetleriyle ilgili işlemlerde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra çalışanların ürünleri işlemeleri sırasında kontaminasyona veya bozulmaya yol açabilecek süreçleri kaçırmamalarını sağlayarak gıda ürününün geri çağırılması vakalarının azaltılmasına da katkı sunmaktadır (Jagtap ve ark., 2021).

Çalışanlara eğitim verilmesi süreçlerine katkı sunması

Gıda tarım endüstrisi, yoğun emek gerektiren sektörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle yeni personellerin işe alınması ve bunların eğitilmesi maliyet ve zaman gerektiren önemli bir süreçtir. Çalışanlara uygun eğitimin verilmemesi ve çalışanların bu eğitimleri sürdürmemesi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Bu sonuçların büyük çoğunluğu basit şeylerin anlaşılmasından, bilgi eksikliğinden veya yanlış iletişimden kaynaklanmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisiyle birlikte, eğitmenin fiziksel olarak eğitim verilen mekânda olması gerekliliğini kaldırmakta, yani daha az kaynakla daha fazlasının yapılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu teknolojiyle birlikte çalışanlar daha etkili daha hızlı ve daha güvenli süreçler gerçekleştirmektedir (Sorko ve Brunnhofer, 2019). Bu açıdan gıda tarım tedarik zincirinde çalışanların eğitimi hususunda artırılmış gerçeklik teknolojisi katkı oranı yüksek bir teknoloji haline gelmiştir.

Lojistik operasyonlarda verimliliğin artırılması

Tarım gıda ürünleri çabuk bozulabilen raf ömrü sınırlı ürünlerdir. Bu yüzden belirli bir sıcaklık/soğukluk ihtiyacı bulunmaktadır. Bu da tarım gıda süreçlerinde lojistik operasyonlarının önemli bir unsurudur. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, depo faaliyetlerinde ise optimize edilmiş toplama süreçlerini gerçekleştirebilmek için kullanılmaktadır. Örneğin artırılmış gerçeklik projeksiyonları, operatörün toplama konumunu hızlı bir şekilde belirlemesine yardımcı olmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisinde kullanılan akıllı gözlükler sayesinde depolarda verimli sınıflandırma yapılırken, operatörlerin malları istenilen kriterlere göre ayırmasına da katkı sunmaktadır (Cirulis ve Ginters, 2013). Zaman kaybı yaratan bu unsurların artırılmış gerçeklik teknolojisi ile çözümlenmesi lojistik operasyonlarda verimliliğin artmasına yardımcı olmaktadır.

Yeni gıda ürünü geliştirmek

Gıda üreticilerinin çoğunluğu rekabetçi kalabilmek ve pazar paylarını korumak için her yıl birkaç veya daha fazla yeni gıda ürünü piyasaya sürmektedir. Bu nedenle ürün geliştirme, kullanılan zaman ve kaynaklar dikkate alındığında gıda işletmelerinde genellikle operasyonlar maliyetli süreçlerdir. Artırılmış gerçeklik teknolojileri, gıda sektöründe birçok oluşacak problemleri çözmek için kullanılırken, heyecan verici yeni gelişmelere de yol açmaktadır. Örneğin bu teknolojinin geliştirilmesiyle birlikte gıda tarım ürünlerinde, tüketim, biyometri, gıdanın yapısı ve dokusu, duyuşsal güçlendirme ve duyuşsal algının artırılması gibi duyuşsal bilimlerde kullanılabilecek konuma ulaşmıştır (Crofton ve ark., 2019).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi, gıda tarım sektöründe maliyetleri en aza indirmek için gıda ürünü geliştirmenin ilk aşamalarında ve gerçek dünyada veya simüle edilmiş bir ortamda etkileşime geçmek için bir araç olarak yer almaktadır (Jagtap ve ark., 2021).

Satışları artırmak

Artırılmış gerçeklik teknolojisiyle birlikte tarım ve gıda işletmeleri ürünlerinin analizlerini ve etkilerini kolaylıkla simüle ederek gerçekleştirmektedir. Pahalı fiziksel gıda ürünlerine olan ihtiyacı azaltır ve sahibi, tasarımcısı, şefi ve müşterileri arasındaki onay döngüsünü hızlandırmaktadır. Örneğin, gıda satış temsilcileri, satış noktasındaki görünürlüğünü artırmak için ürünlerini mağazada nereye yerleştirebileceklerini görmek için gerçek bir mağazada AR teknolojisini kullanabilmektedirler. Ayrıca AR destekli kataloğa çevrimdışı olarak kolayca erişebilir, mağaza içi simülasyonlarını kaydedebilir, müşterileriyle resim paylaşabilir ve hatta bunu mobil 3D görüntüleyici olarak kullanabilmektedirler. Bu teknoloji ürünün ve onu üreten kişilerin daha iyi anlaşılmasına ve böylece bağlantıların kurulmasına yardımcı olmaktadır (Jagtap ve ark., 2021).

Yapay Zekâ

Yapay zekâ genel olarak doğal dili öğrenebilen, planlayabilen, algılayabilen veya anlayabilen insan zihninin yapay olarak üretilmesini içermektedir. Bilgisayar sistemlerinin teorisi ve gelişimi normalde görsel algılama, sesleri tanıma, seçim yapma ve dil çevirisi gibi insan zekâsı becerilerini gerçekleştirme kapasitesine sahiptir (Kumar ve ark., 2020).

Makine öğrenimi ve derin öğrenme, en yaygın kullanılan yapay zekâ yöntemlerinden ikisidir. Bu modeller veriler üzerine kuruludur ve bireyler, şirketler ve devlet kurumları tarafından tahmin yapmak için kullanılmaktadır. Gıda endüstrisindeki bilgilerin karmaşıklığı ve öngörülemezliği için makine öğrenimi yöntemleri şu anda geliştirilmektedir (Negi ve Rajesh, 2019).

Gıda insanlar için vazgeçilmez durumdadır. Bu yüzden gıda israfını azaltmak, tedarik zincirini optimize etmek ve gıda lojistiğini, gıda dağıtımını ve gıda güvenliğini geliştirmek kritik öneme sahiptir. Yapay zekâ ve makine öğrenimi bu hedeflerin gerçekleştirilmesine büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. Standart, güvenilir ürün kalite kontrol yöntemleri tasarlama ve aynı zamanda düşük maliyeti korurken müşterilere ulaşmanın ve hizmet vermenin yeni yollarını aramayı amaçlayan gıda endüstrilerinde, daha iyi müşteri deneyimi, etkili bir tedarik zincirinin yönetimi, geliştirilmiş operasyonel verimlilik elde etmek için yapay zekanın kullanımı oldukça önemli bir konu haline gelmiştir (Ramirez-Asis ve ark., 2022).

Yapay zekâ teknolojisi tarım gıda endüstrisi ürünlerinin verimliliğini artırmayı sağlayacak olan tohum seçimi, mahsul izleme, sulama ve sıcaklık izleme gibi en uygun süreçleri incelemekte ve geliştirilmesini sağlayabilmektedir. Yapay zekanın kullanımı bu alanda sadece uygulamalarla kalmamakta birçok süreçte de kullanılmaktadır. Ayrıca gıda işleme, depolama ve gıda ürünlerinin sevkiyat süreçlerinde de katkı sunabilmektedir. Aynı zamanda gıda malzemelerinin teslim edilmesine, ürüne zarar verebilecek tehlikeli ortamlarda görevin

tamamlanmasına ve kaliteli ürünlerin oluşumuna da yardımcı olmaktadır (Kumar ve ark., 2021).

Bu bağlamda, fiyat tahmini, üretim süreci optimizasyonu, envanter yönetimi ve lojistik yönetiminin tamamı yapay zekâ tarafından desteklenmektedir. Gıda üretiminde yapay zekâ, tüm tedarik zinciri sürecini izlemeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca gıda lojistiğinde yapay zekâ taşıma, fiyatlandırma, stok yönetimi ve envanter talebini tahmin etme süreçlerinde oldukça etkili sonuçlar vermektedir (Hebbbar, 2020).

Sonuç ve Öneriler

Tarım-gıda tedarik zincirinde ürünlerin yaklaşık 3'te 1'i zincir boyunca israf olmaktadır. Tarım ve gıda ürünlerinin tarladan elde edilip, nihai kullanıcıya ulaştırılmasına kadar olan tüm süreç, tarım ve gıda tedarik zinciri tarafından ele alınmaktadır. Tarım-gıda tedarik zincirindeki en önemli faaliyetler lojistik faaliyetlerden oluşmaktadır.

Endüstri 4.0 devrimi tüm sektörleri doğrudan etkileyen bir teknoloji haline gelmiştir. Bu teknolojilerin her bir sektör özelinde incelenmesi ve uygulamaların ortaya konulması şarttır. Bu çalışmada gıda tarım tedarik zincirinde lojistik faaliyetlerde endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanması incelenmiş ve detaylandırılmıştır.

Teknolojinin hızlı gelişimi tarım gıda tedarik zincirinde de lojistik faaliyetlerde kullanımını artırmıştır. Çalışma sonucunda gıda tarım tedarik zincirinde lojistik faaliyetlerde endüstri 4.0 teknolojilerinden robotik ve otonom teknolojiler, yapay zekâ, simülasyon, dijital ikiz, artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti, blok zincir teknolojisi, bulut bilişim ve siber güvenlik teknolojilerinin oldukça fazla kullanıldığı ve sektörel uygulamaları adaptasyonun gerçekleştiği tespit edilmiştir. Tarım-gıda tedarik zincirinde endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik faaliyetlere adaptasyonu ile birlikte müşteri hizmet düzeyi artarken, tedarik zinciri süreçlerinin ise daha hızlı, hatasız, etkin ve verimli gerçekleştirilmesi ile operasyonel süreçler iyileşmektedir.

Bu çalışma kapsamında Endüstri 4.0 teknolojilerinin ele alınması ve gıda tarım tedarik zincirinde sunduğu avantajların ortaya konulması hedeflenirken, henüz teknolojiler gelişmelere uyum sağlayamayan işletmelere farkındalık yaratması ve süreçlerini hızlandırması için öncülük etmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu alanda çalışma yapacak araştırmacılara da temel bir kaynak halinde hazırlanarak bundan sonraki çalışmalara katkı sunması beklenmektedir. Araştırmacılar sonraki çalışmalarında gıda tarım sektöründeki lojistik faaliyetlerin (taşımacılık, depolama, stoklama, elleçleme vb.) her birini tek tek detaylı bir şekilde ele alarak endüstri 4.0 teknolojilerinin etkisini inceleyebilirler. Ayrıca sayısal verilerden yararlanılarak nicel analizlerde gerçekleştirebilirler.

Kaynaklar

- Agyemang, M., Kusi-Sarpong, S., Agyemang, J., Jia, F., & Adzanyo, M. (2022). Determining and evaluating socially sustainable supply chain criteria in agri-sector of developing countries: insights from West Africa cashew industry. *Production Planning & Control*, 33(11), 1115-1133.
- Alabay, D. (2023). Bulut Bilişim, <https://dralabay.wordpress.com/2014/01/20/bulut-bilisim/> Erişim Tarihi: 08. 02. 2024.

- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805.
- Aydın, N. (2022). Tarım Sektöründe Bilgi Teknolojileri. *Balkan & Near Eastern Journal of Social Sciences (BNEJSS)*, 8.
- Balçı, E. (2020). Lojistik Sektörünün Uluslararası Alanda Dijitalleşme Süreci ve Türkiye'ye Etkileri, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Banger G. (2017). Endüstri 4.0-Ekstra. Ankara: Dorlion Yayınları
- Bavassano, G., Ferrari, C., & Tei, A. (2020). Blockchain: How shipping industry is dealing with the ultimate technological leap. *Research in Transportation Business & Management*, 34, 100428.
- Beck, D. E., Crandall, P. G., O'Bryan, C. A., & Shabatura, J. C. (2016). Taking food safety to the next level—An augmented reality solution. *Journal of foodservice business research*, 19(4), 382-395.
- Bhat, S. A., Huang, N. F., Sofi, I. B., & Sultan, M. (2021). Agriculture-food supply chain management based on blockchain and IoT: a narrative on enterprise blockchain interoperability. *Agriculture*, 12(1), 40.
- Bijman, J., Omta, S. W. F., Trienekens, J. H., Wijnands, J. H. M., & Wubben, E. F. M. (2006). *International agri-food chains and networks: management and organization*. Wageningen Academic Publishers.
- Breiter, G. (2011). IBM Cloud Computing Architecture Some Selected Aspects, IBM Distinguished Engineer Tivoli Chief Architect Cloud Computing.
- Cirulis, A., & Ginters, E. (2013). Augmented reality in logistics. *Procedia Computer Science*, 26, 14-20.
- Cooper, C. (2015). Cybersecurity in food and agriculture. *Protecting our future*, 2.
- Crofton, E. C., Botinestean, C., Fenelon, M., & Gallagher, E. (2019). Potential applications for virtual and augmented reality technologies in sensory science. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 56, 102178.
- Dahabieh, M. S., Bröring, S., & Maine, E. (2018). Overcoming barriers to innovation in food and agricultural biotechnology. *Trends in food science & technology*, 79, 204-213.
- Deepu, T. S. ve Ravi, V. (2021). "Exploring Critical Success Factors Influencing Adoption of Digital Twin and Physical Internet in Electronics Industry Using Grey-DEMATEL Approach", *Digital Business*, 1(2), 100009
- Duong, L. N., Al-Fadhli, M., Jagtap, S., Bader, F., Martindale, W., Swainson, M., & Paoli, A. (2020). A review of robotics and autonomous systems in the food industry: From the supply chains perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 355-364.
- Duong, L. N., Wood, L. C., & Wang, W. Y. (2018). Effects of consumer demand, product lifetime, and substitution ratio on perishable inventory management. *Sustainability*, 10(5), 1559.
- Ejmont, K., Gładysz ve B., Kluczek, A. (2020). "Impact of industry 4. 0 on sustainability – bibliometric literature review". *Sustainability*, 12 (14), s. 1-29
- Elferink, M., & Schierhorn, F. (2016). Global demand for food is rising. Can we meet it. *Harvard business review*, 7(04).
- Gerdan, D., Koç, C., & Vatandaş, M. (2020). Gıda ürünlerinin izlenebilirliğinde blok zinciri teknolojisinin kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 16(2), 8-14.
- Granillo-Macias, R., González Hernández, I. J., & Olivares-Benitez, E. (2023). Logistics 4. 0 in the agri-food supply chain with blockchain: a case study. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-21.
- Gružasuskas, V., Baskutis, S., & Navickas, V. (2018). Minimizing the trade-off between sustainability and cost effective performance by using autonomous vehicles. *Journal of Cleaner Production*, 184, 709-717.
- Guiochet, J., Machin, M., & Waeselynck, H. (2017). Safety-critical advanced robots: A survey. *Robotics and Autonomous Systems*, 94, 43-52.
- Handayati, Y., Simatupang, T. M., & Perdana, T. (2015). Agri-food supply chain coordination: the state-of-the-art and recent developments. *Logistics Research*, 8, 1-15.
- Hebbar, N. (2020). Freshness of food detection using IoT and machine learning. In *2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE)* (pp. 1-3). IEEE.
- Hoffa-Dabrowska, P., & Grzybowska, K. (2020). Simulation modeling of the sustainable supply chain. *Sustainability*, 12(15), 6007.
- Jagtap, S., Bader, F., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Fadji, T., & Salonitis, K. (2020). Food logistics 4. 0: Opportunities and challenges. *Logistics*, 5(1), 2.
- Jagtap, S., Saxena, P., & Salonitis, K. (2021). Food 4. 0: implementation of the augmented reality systems in the food industry. *Procedia CIRP*, 104, 1137-1142.
- Karabegović, I., Karabegović, E., Mahmić, M., & Husak, E. J. A. I. P. E. (2015). The application of service robots for logistics in manufacturing processes. *Advances in Production Engineering & Management*, 10(4).
- Khan, Z. H., Khalid, A., & Iqbal, J. (2018). Towards realizing robotic potential in future intelligent food manufacturing systems. *Innovative food science & emerging technologies*, 48, 11-24.
- Kumar, I., Rawat, J., Mohd, N., & Husain, S. (2021). Opportunities of artificial intelligence and machine learning in the food industry. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-10.
- Kumar, Y., Kaur, K., & Singh, G. (2020). Machine learning aspects and its applications towards different research areas. In *2020 International conference on computation, automation and knowledge management (ICCAKM)* (pp. 150-156). IEEE.
- Lin, I., and Zhou, D. (2005). On the Construction of Food Quality and Safety Traceability System (in Chinese). *Commercial Research* 21: 41-44.
- Lin, W., X. Huang, H. Fang, V. Wang, Y. Hua, J. Wang, H. Yin, D. Yi, and L. Yau. (2020). "Blockchain Technology in Current Agricultural Systems: From Techniques to Applications." *IEEE Access* 8: 143920-143937. doi:10.1109/ACCESS.2020.3014522.
- Manzini, R., & Accorsi, R. (2013). The new conceptual framework for food supply chain assessment. *Journal of food engineering*, 115(2), 251-263.
- Mathupriya, S., Banu, S. S., Sridhar, S. ve Arthi, B. (2020). "Digital Twin Technology on IoT, Industries & Other Smart Environments: A Survey", *Materials Today: Proceedings*, DOI: 10.1016/j.matpr.2020.11.358
- McCarthy, U., Uysal, I., Badia-Melis, R., Mercier, S., O'Donnell, C., & Ktenioudaki, A. (2018). Global food security—Issues, challenges and technological solutions. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 11-20.
- Negahban, A., & Smith, J. S. (2014). Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis. *Journal of manufacturing systems*, 33(2), 241-261.
- Negi, A., & Rajesh, K. (2019). A review of ai and ml applications for computing systems. In *2019 9th International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology-Signal and Information Processing (ICETET-SIP-19)* (pp. 1-6). IEEE.
- Özkan, Ö. (2019). Blockchain Türkiye Platformu Üretim, Lojistik ve Ulaşım Çalışma Grubu Raporu. s. 21, https://bctr.org/dokumanlar/Tedarikci_Tanima_Platformu.pdf
- Öztuna, B. (2017). Endüstri 4.0: Dördüncü sanayi devrimi ile çalışma yaşamının geleceği. *Gece Kitaplığı*, Ankara
- Paciarrotti, C., & Torregiani, F. (2021). The logistics of the short food supply chain: A literature review. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 428-442.
- Pal, A., & Kant, K. (2019). Using blockchain for provenance and traceability in internet of things-integrated food logistics. *Computer*, 52(12), 94-98.

- Pires, F., Cachada, A., Barbosa, J., Moreira, A. P., & Leitão, P. (2019). Digital twin in industry 4. 0: Technologies, applications and challenges. In 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN) (Vol. 1, pp. 721-726). IEEE.
- Rajabzadeh, M., & Fatorachian, H. (2023). Modelling Factors Influencing IoT Adoption: With a Focus on Agricultural Logistics Operations. *Smart Cities*, 6(6), 3266-3296.
- Ramirez-Asis, E., Vilchez-Carcamo, J., Thakar, C. M., Phasinam, K., Kassaruk, T., & Naved, M. (2022). A review on role of artificial intelligence in food processing and manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 51, 2462-2465.
- Rehman, T. U., Mahmud, M. S., Chang, Y. K., Jin, J., & Shin, J. (2019). Current and future applications of statistical machine learning algorithms for agricultural machine vision systems. *Computers and electronics in agriculture*, 156, 585-605.
- Rejeb, A., Rejeb, K., & Keogh, J. G. (2021). Enablers of augmented reality in the food supply chain: a systematic literature review. *Journal of Foodservice Business Research*, 24(4), 415-444.
- Rejeb, A., Simske, S., Rejeb, K., Treiblmaier, H., & Zailani, S. (2020). Internet of Things research in supply chain management and logistics: A bibliometric analysis. *Internet of Things*, 12, 100318.
- Remondino, M., & Zanin, A. (2022). Logistics and agri-food: digitization to increase competitive advantage and sustainability. Literature review and the case of Italy. *Sustainability*, 14(2), 787.
- Sabzi, S., & Arribas, J. I. (2018). A visible-range computer-vision system for automated, non-intrusive assessment of the pH value in Thomson oranges. *Computers in Industry*, 99, 69-82.
- Schuldt, A., Hribernik, K., Gehrke, J. D., Thoben, K. D., & Herzog, O. (2010). Cloud computing for autonomous control in logistics.
- Sorko, S. R., & Brunnhofer, M. (2019). Potentials of augmented reality in training. *Procedia Manufacturing*, 31, 85-90.
- Suprem, A., Mahalik, N., & Kim, K. (2013). A review on application of technology systems, standards and interfaces for agriculture and food sector. *Computer Standards & Interfaces*, 35(4), 355-364.
- Toy, E. (2019). Ambalaj tasarımında artırılmış gerçeklik kullanımı. 5. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Bandırma, 59-70.
- Tripoli, M., and Schmidhuber, J. (2018). Emerging Opportunities for the Application of Blockchain in the Agri-food Industry. FAO and ICTSD: Rome and Geneva. Licence: CC BY-NC-SA, 3.
- Tsolakis, N. K., Keramydas, C. A., Toka, A. K., Aidonis, D. A., & Iakovou, E. T. (2014). Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy. *Biosystems engineering*, 120, 47-64.
- Ustalı, N. K., & Tekin, M. (2023). Tedarik Zincirinde Dijital İkiz. *Lojistiğin Geleceği-2*, Duvar Yayınları. 107.
- Vanderroost, M., Ragaert, P., Verwaeren, J., De Meulenaer, B., De Baets, B., & Devlieghere, F. (2017). The digitization of a food package's life cycle: Existing and emerging computer systems in the logistics and post-logistics phase. *Computers in Industry*, 87, 15-30.
- Vigneault, C., Thompson, J., Wu, S., Hui, K. P. C. ve LeBlanc, D. I. (2009). Transportation of fresh horticultural produce, Postharvest Technologies for Horticultural Crops, 2, 1-24.
- Vilas-Boas, J. L., Rodrigues, J. J., & Alberti, A. M. (2023). Convergence of Distributed Ledger Technologies with Digital Twins, IoT, and AI for fresh food logistics: Challenges and opportunities. *Journal of Industrial Information Integration*, 31, 100393.
- Yılmaz, E. N., Gönen, S., Şanoğlu ve S., Karacayılmaz, G., (2021). "Endüstri 4.0'ın gelişim sürecinde unutulmuş bileşen: Siber güvenlik". *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9 (4), s. 1142-1158.
- Yılmaz, Ü. & Kuvat, Ö. (2021). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Lojistik Faaliyetlerindeki Uygulama Alanları ve Verimliliğe Etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 746-754.
- Zhao, J. L., Fan, S., & Yan, J. (2016). Overview of business innovations and research opportunities in blockchain and introduction to the special issue. *Financial innovation*, 2, 1-7.